



BIBLIOTECA POLITECNICA

ELEMENTI

DI

STORIA NATURALE

8.6.129

ELEMENTI
DI
STORIA NATURALE

PROPOSTI

AGLI STUDENTI DELLE SCUOLE GINNASIALI
E REALI SUPERIORI

DAL

D.^R GIOVANNI OMBONI

Istruttore approvato di Storia Naturale.

—
GEOLOGIA
—



MILANO

PRESSO CARLO TURATI TIPOGRAFO-EDITORE

CONTRADA DI SAN PIETRO ALL'ORTO, NUM. 892

Luglio 1854

Proprietà dell'editore Carlo Turati.

INDICE

INTRODUZIONE.	Pag. 324
NOZIONI DI GEOGRAFIA FISICA ATTINENTI ALLA GEOLOGIA.	334
STRUTTURA GEOLOGICA DELLE ROCCE.	347
FENOMENI ATTUALI.	363
Azione dell'atmosfera.	ivi
Azione distruttiva dell'acqua.	365
Azione produttiva dell'acqua.	382
Terremoti.	394
Lente variazioni di livello del suolo.	399
Vulcani.	404
Salse, fontane ardenti e incendi di carbon fossile.	421
Laguni, soffioni e geysir.	422
CLASSIFICAZIONE GEOLOGICA DELLE ROCCE.	425
SERIE CRONOLOGICA DEI TERRENI CHE COMPONGONO LA CORTECCIA DEL GLOBO.	ivi
Generalità.	ivi
Epoca quaternaria.	433
Epoca terziaria.	443
Epoca secondaria.	456
Epoca paleozoica.	476
Terreni azoici, o metamorfici o primitivi.	483
Risultati generali sulla successione degli animali nella serie dei terreni.	484
PERTURBAZIONI GEOLOGICHE E SISTEMI DI MONTAGNE.	486
Generalità.	ivi
Serie delle perturbazioni e dei sistemi di montagne.	490
Disposizione generale dei sistemi di montagne alla superficie della terra.	502

GEOLOGIA GEOGRAFICA.	Pag. 506
<u>Italia.</u>	<u>ivi</u>
Europa in generale.	585
Asia, Africa, America ed Oceanica.	586
<u>GEOGENIA.</u>	589
<u>CENNO STORICO.</u>	651
<u>POCHE NOZIONI DI GEOLOGIA APPLICATA.</u>	667
<u>APPENDICE ALLA GEOGENIA.</u>	725
<u>INDICE ALFABETICO.</u>	737
<u>SPIEGAZIONE DELLE TAVOLE.</u>	749

INTRODUZIONE (*)

1. Oggetto della Geologia. — « Quando un viaggiatore — mi sia lecito incominciare con alcuni brani del Discorso di Cuvier sulle rivoluzioni del globo — quando un viaggiatore percorre quelle pianure feconde ove le acque tranquille mantengono col loro corso regolare una vegeta-

(*) Nel compilare questo *Sunto di Geologia*, in cui, per la impostami brevità, dovetti esporre questa scienza, direi quasi, per sommi capi, a fine di dare un'idea abbastanza completa di tutto ciò che essa studia, mi fu assai utile in molti casi il *Sunto delle lezioni di Geologia* tenute dal professore Balsamo-Grivelli nell'Istituto privato Robiati in Milano; sunto che fu per mia cura compilato e litografato nell'anno 1851 ad uso degli studenti di quell'Istituto. Laonde il presente lavoro potrà in certo qual modo servire d'introduzione allo studio della Geologia sul *Corso elementare*, di cui lo stesso professore ha promesso d'arricchire questa *Biblioteca politecnica*.

La *Geologia*, secondo la sua greca etimologia (da γῆ terra e λόγος discorso) è la scienza della terra in generale: e perciò devonsi considerare come sue parti la *Geognosia* (da γῆ e γνῶσις cognizione), che è lo studio delle sostanze minerali che formano la terra, della loro distribuzione, del loro reciproci rapporti, ecc., insomma lo studio della terra qual è al presente; e la *Geogenia* (da γῆ e γένεσις generazione), la quale, fondandosi sulla Geognosia, ha per oggetto d'indagare la storia fisica della terra e le spiegazioni dei fenomeni terrestri passati e presenti.

zione importante, e dove il suolo, calcato da un popolo numeroso, ornato di villaggi fiorenti, di ricche città, di superbi monumenti, non è turbato che dai guasti della guerra o dall'oppressione degli uomini in potere, egli non è in alcun modo indotto a credere che la natura abbia avuto anch'essa le sue guerre intestine e che la superficie del globo sia stata sconvolta da rivoluzioni e da catastrofi; ma le sue idee si mutano appena si metta a scavare questo suolo in oggi così pacifico, o salga le colline che circoscrivono la pianura; esse si sviluppano, per così dire, colle sue osservazioni, cominciano ad abbracciare l'estensione e la grandezza di questi avvenimenti antichi allorchè ascende le catene di montagne più elevate, di cui quelle colline coprono la base, o quando penetra nel loro interno, seguendo gli alvei dei torrenti che discendono dai loro fianchi.

• I terreni più bassi e piani, anche quando li scaviamo a grandissime profondità, non ci mostrano altro che strati orizzontali di materie più o meno variate, le quali contengono quasi tutti prodotti marini. Strati simili, con analoghi prodotti, compongono le colline sino ad una varia altezza. Talvolta le conchiglie sono così numerose da formare esse sole tutta la massa del suolo: esse s'elevano ad altezze superiori al livello di tutti i mari, e dove nessun mare potrebbe giungere per l'azione di cause attuali: esse non sono soltanto sparse nelle sabbie mobili, ma spesso rinchiuse nelle pietre più dure, e ne sono ben anche penetrate in ogni parte. Tutte le parti del mondo, tutti gli emisferi, tutti i continenti, tutte le isole un po' estese presentano lo stesso fenomeno. Passò il tempo in cui l'ignoranza poteva sostenere che questi avanzi di corpi organici fossero semplici giuochi della natura, o prodotti concepiti nel seno della terra per opera delle sue forze creatrici; e gli sforzi che si vanno ancora tentando non basteranno probabilmente a far tornare in favore queste vecchie opinioni. Un confronto scrupoloso delle forme di queste spoglie, del loro tessuto, e spesso anche della loro composizione chimica, non trova la minima differenza fra le

•

conchiglie fossili e quelle che vivono ancora nel mare: la loro conservazione non è meno perfetta, non vi si osservano spesso nè corrosioni nè rotture, nulla che annunci un trasporto violento; anche le più piccole conservano tuttavia le parti più delicate, le creste più sottili, le punte più fine. Quindi non soltanto hanno vissuto nel mare, sono state deposte nel mare, e fu il mare stesso che le lasciò nei luoghi ove si trovano; ma questo mare ha ben anche soggiornato in quei luoghi, e vi ha soggiornato per un lasso di tempo bastevole e con sufficiente quiete da formarvi quei depositi così regolari, di tanto spessore, di tanta estensione, e spesso anche così solidi che involgono quegli avanzi d'animali acquatici. Il bacino dei mari ha dunque provato almeno un cangiamento di estensione o di situazione. Ecco ciò che risulta dai primi scavi e dall'osservazione la più superficiale.

• Le tracce di antiche rivoluzioni si mostrano più imponenti a chi sale molto in alto e si avvicina di più al piede delle grandi catene montuose. Ancora trovansi strati conchigliiferi, se ne incontrano ben anche di più grossi e di più solidi; le conchiglie vi sono altrettanto numerose, altrettanto bene conservate, ma non sono più le stesse specie; gli strati che le contengono non sono quasi mai orizzontali, ma si rialzano obliquamente, talvolta sono perfino verticali. Mentre nelle pianure e nelle colline più dolci bisognava scavare profondamente per conoscere la successione degli strati, qui si vedono pel loro fianco, seguendo le vallate prodotte dalla loro rottura: immensi ammassi di rottami formano al piede de' loro fianchi dirupati dei monticoli arrotondati, la cui altezza aumenta ad ogni disgelo e ad ogni uragano.

• E quegli strati rialzati che formano le creste delle montagne secondarie non sono mai sovrapposti agli strati orizzontali delle colline che servono loro di gradini; essi si affondano invece sotto di essi; queste sono appoggiate sopra i loro pendii. Quando si forano gli strati orizzontali in vicinanza delle montagne formate di strati obliqui, questi si

trovano sempre nelle profondità; talvolta avviene altresì, se gli strati inclinati non sono molto elevati, di vederli coronati da strati orizzontali. Gli strati obliqui sono dunque più antichi degli orizzontali; e siccome è impossibile, almeno per la maggior parte, che siano stati formati in altra posizione che non sia l'orizzontale, così è evidente che devono essere stati rialzati, e che lo furono prima che gli altri si appoggiassero sovr'essi. Anzi un ingegnoso geologo ha recentemente provato (*) che non è impossibile fissare le epoche relative di ciascuno di questi sollevamenti di strati obliqui, fondandosi sulla natura e sull' antichità degli strati orizzontali che vi si sovrappongono.

• Dunque il mare, prima di formare gli strati orizzontali, ne aveva già formati degli altri, i quali erano stati da qualche causa rotti, raddrizzati, sconvolti in mille modi; e siccome molti di questi strati obliqui formati più anticamente dal mare si elevano più alti degli orizzontali che loro hanno succeduto e li circondano, così le cause che hanno data loro la obliquità li avevano fatto sporgere sul livello del mare, e ne avean fatte delle isole, od almeno degli scogli e delle ineguaglianze, sì per essere stati essi stessi sollevati da una parte come per avere lo sprofondamento della parte opposta fatto abbassare le acque. E quest'è il secondo risultato non meno chiaro, non meno dimostrato del primo, per chiunque si dia la pena di studiare i monumenti che li provano.

• Ma le rivoluzioni e i cangiamenti ai quali è dovuto lo stato attuale della terra non si limitano a questo sconvolgimento di antichi strati, a questo ritirarsi del mare dopo la formazione degli strati novelli.

• Quando si confrontano fra loro con maggiori dettagli i diversi strati e i prodotti della vita che vi sono nascosti, si riconosce subito che quest' antico mare non ha sempre deposto le stesse sostanze pietrose, gli avanzi d' animali

(*) Cuvier scriveva al principio del nostro secolo, e in questo passaggio alludeva alla celebre teoria di Elia de Beaumont, che noi esporremo più avanti, sull'origine delle catene di montagne.

delle stesse specie, e che ciascun deposito non si è esteso sopra tutta la superficie ricoperta dall'acque. Avvennero variazioni successive, di cui soltanto le prime furono pressochè generali, e le altre, a quanto pare, lo furono assai meno. Più gli strati sono antichi, più ciascun d'essi è uniforme sopra una grande estensione; più son recenti, e più sono limitati e soggetti a variare a piccole distanze. Quindi gli spostamenti degli strati erano accompagnati e seguiti da cangiamenti nella natura del liquido e delle materie tenute in dissoluzione; e quando alcuni strati, sporgendo sull'acqua, ebbero divisa la superficie del mare col mezzo d'isole e di catene montuose, poterono avvenire cangiamenti diversi in parecchi bacini particolari.

• Si comprende che in mezzo a tali variazioni nella natura del liquido non potevano restare gli stessi gli animali che esso nutriva.

• Vi fu nella natura animale una successione di variazioni, cagionata od almeno corrispondente a quelle del liquido in cui gli animali vivevano; e queste variazioni hanno condotto per gradi le classi degli animali acquatici al loro stato attuale; infine, quando il mare ha abbandonato i nostri continenti per l'ultima volta, i suoi abitanti non differivano molto da quelli che esso alimenta oggidì.

• Noi diciamo *per l'ultima volta*; perchè se si esaminano con accuratezza ancora maggiore gli avanzi degli esseri organici, si giunge a scoprire frammezzo agli strati marini, anche i più antichi, altri strati ricchi di produzioni organizzate terrestri o d'acqua dolce; e fra gli strati più recenti, cioè nei più superficiali, se ne incontrano alcuni in cui v'hanno animali terrestri seppelliti sotto ammassi di produzioni marine. Quindi le diverse catastrofi che hanno smossi gli strati non solo hanno fatto uscire a poco a poco dal seno delle onde le diverse parti de' nostri continenti e diminuito il bacino dei mari, ma questo bacino si è spostato in parecchi modi. Avvenne di frequente che alcuni terreni messi a secco fossero ricoperti dalle acque, sì per essersi i terreni stessi inabissati, come per essere

stati semplicemente inondati dalle acque. E in quanto al suolo, che il mare ha lasciato libero nell'ultimo suo ritirarsi, e che ora è abitato dall'uomo e dagli animali terrestri, esso era stato già prima disseccato almeno una volta, fors'anche parecchie volte, ed aveva nudrito quadrupedi, uccelli, piante e produzioni terrestri d'ogni genere. I cambiamenti nell'altezza delle acque non hanno dunque soltanto consistito nel ritirarsi del mare più o meno gradatamente, sopra un'estensione più o meno generale, ma sono altresì avvenute parecchie irruzioni e ritirate successive, il cui risultamento definitivo fu nondimeno una diminuzione universale di livello.

Ma quel che ancor più importa di considerare si è che queste irruzioni e queste ritirate ripetute non furono lente, non sono avvenute gradatamente, ma, al contrario, la maggior parte delle catastrofi che le ha prodotte furono subitanee. E ciò è facile a provarsi per l'ultima d'esse; per quella che, mediante un doppio movimento, ha inondato e poscia rimesso in secco i nostri continenti attuali, o almeno una gran parte del suolo che li forma oggidì. . . . Gli strati più antichi lacerati, raddrizzati, capovolti, non lasciano dubitare che le cause che li hanno messi nello stato in cui li vediamo siano state violente e subitanee. . . . La vita fu dunque spesso turbata su questa terra da terribili avvenimenti. Innumerevoli animali viventi furono vittime di queste catastrofi; gli uni, che abitavano la terra ferma, si son veduti inghiottiti dai diluvii; gli altri, che popolavano il seno delle acque, furono messi in secco in un col fondo del mare subitamente rialzato; le stesse loro razze hanno finito per sempre, e non lasciano nel mondo se non qualche avanzo appena riconoscibile dal naturalista.

Tali sono le conseguenze a cui conducono necessariamente gli oggetti che noi incontriamo ad ogni passo, che possiamo verificare ad ogni istante quasi in ogni paese. Questi grandi e terribili avvenimenti sono chiaramente ovunque improntati per l'occhio che sa leggere la storia ne' suoi monumenti.

• Ma ciò che ancor più desta la meraviglia si è il non esser men certo che la vita non ha sempre esistito sul globo, e che è facile all'osservatore di riconoscere il punto ov'essa ha incominciato a deporre i suoi prodotti.

• Ascendiamo ancora, avanziamoci verso le grandi creste, verso le sommità dirupate delle grandi catene di montagne, e vedremo farsi sempre più rari gli avanzi d'animali marini, quelle innumerevoli conchiglie, ed alla fine scomparire affatto. Arriveremo a strati d'altra natura che non contengono vestigia d'esseri viventi; pure colla loro cristallizzazione, colla stratificazione stessa, essi proveranno che erano liquidi al tempo della loro formazione; colla loro situazione obliqua e colle loro rotture che furono sconvolti; col modo con cui si approfondano obliquamente sotto agli strati conchigliiferi che si sono formati prima d'essi; in fine coll'altezza a cui giungono i loro picchi nudi, frastagliati e quasi spinosi al di sopra di questi strati conchigliiferi, proveranno che le loro sommità erano già uscite dalle acque quando gli strati conchigliiferi erano in via di formazione...

• In mezzo al disordine apparente in tali montagne i grandi naturalisti son giunti a dimostrare che regna ancora un certo ordine, e che questi strati immensi, così rotti e sconvolti come si vedono, osservano tra loro una successione che è press'a poco la stessa in tutte le grandi catene. Il granito, dicon essi, di cui sono formate le creste centrali della maggior parte di queste catene, il granito, che sorpassa a tutto, è anche la pietra che si affonda sotto tutte le altre; è la più antica di quelle che ci fu dato vedere nel posto che loro assegnò la natura, poco importa per ora se debba la sua origine ad un liquido generale che dapprima avrebbe tenuto tutto in soluzione, o se si possa invece considerare come la prima roccia solidificata per il raffreddamento d'una grande massa in fusione od anche allo stato vaporoso. Varie rocce schistose si appoggiano sopra i suoi fianchi e formano le creste laterali di queste grandi catene; degli schisti, delle arenarie, delle rocce talcose si mischiano ai loro strati; infine dei marmi a grani salini ed altri calcari

senza fossili, appoggiandosi sugli schisti, formano le creste esterne, le gradinate inferiori, i contrafforti delle catene, e sono l' ultim' opera con cui questo liquido ignoto, questo mare senza abitanti sembrava preparare dei materiali ai molluschi ed ai zoofiti, che dovevano di lì a non molto deporre sul suo fondo immensi ammassi di conchiglie e di coralli. I primi prodotti di questi molluschi, questi zoofiti, che si mostrano in piccolo numero di distanza in distanza, s' incontrano fra gli ultimi strati di questi terreni primitivi, o in questa porzione della corteccia del globo che i geologi hanno chiamato terreni di transizione. S' incontrano qua e là degli strati conchiugliferi interposti fra alcuni graniti più recenti degli altri, fra varii schisti e fra gli ultimi strati dei marmi saccaroidi; la vita, che voleva impadronirsi di questo globo, sembra aver lottato nei primi tempi colla natura inerte che dominava dapprima; soltanto dopo un tempo piuttosto lungo essa è rimasta vincitrice, ed appartenne a lei sola il diritto di continuare e di elevare l' inviluppo solido della terra.

• Ecco un insieme di fatti, un seguito di epoche anteriori al tempo presente, la successione delle quali si può verificare senza incertezza, quantunque la durata dei loro intervalli non possa definirsi con precisione: sono altrettanti punti che servono di regola e di direzione a questa antica cronologia.

• Se ora volessimo procedere all' esame di ciò che avviene attualmente sul globo, all' analisi delle cause che agiscono ancora sulla sua superficie, e determinare l' estensione possibile de' loro effetti, entreremmo in una parte della storia della terra tanto più importante per ciò appunto che si volle per molto tempo spiegare con queste sole cause attuali le rivoluzioni anteriori, come si spiegano facilmente nella storia politica gli avvenimenti passati quando si conoscono bene le passioni e gli intrighi dei nostri giorni. Ma sgraziatamente la cosa non è così nella storia fisica; il filo delle operazioni è rotto; l' andamento della natura è cangiato, e nessuno degli agenti di cui essa si

serve nell'epoca attuale avrebbe bastato a produrre quelle opere antiche.

• Esistono attualmente quattro cause attive che contribuiscono ad alterare la superficie dei nostri continenti: le piogge e i disgeli, che tendono lentamente a distruggere le montagne, facendone cadere i rottami ai loro piedi; le acque correnti, che trasportano questi rottami e vanno a deporli nei luoghi ove il loro corso si rallenta; il mare, che corrode il piede delle coste scoscese e rigetta sulle spiagge dei cumuli di sabbia; infine i vulcani, che forano gli strati solidi ed elevano o spandono alla superficie gli ammassi delle loro deiezioni. »

Noi non avremmo saputo dare in modo migliore un quadro dei fatti che formano il fondamento ed insieme anche l'oggetto di studio della Geologia. Le sostanze che compongono la corteccia del globo, la loro struttura, la loro disposizione e sovrapposizione, i cangiamenti che in esse avvengono nell'epoca attuale, i fossili che contengono, le loro età relative, gli sconvolgimenti ai quali andarono soggette, i diversi stati del globo e le variazioni che avvennero nella vita nelle diverse epoche, la storia infine della terra dalle epoche più remote sino ad ora, sono quindi i principali argomenti di cui si occupa la Geologia.

2. Divisione del presente Sunto. — Un corso di Geologia può dunque dividersi in cinque parti, esponendo nella prima le nozioni di geografia fisica che hanno più stretta relazione colla Geologia; nella seconda i caratteri mineralogici, le descrizioni speciali e la struttura generale delle rocce; nella terza i fenomeni che nell'epoca attuale agiscono sulla terra; nella quarta i caratteri e la classificazione delle rocce considerate geologicamente, la descrizione de' fossili in quanto valgono a caratterizzare molti fra i depositi terrestri costituenti la corteccia terrestre, e la descrizione speciale di questi depositi; e finalmente nella quinta le conclusioni generali che da questa descrizione speciale si possono trarre relativamente alle variazioni successive cui andò soggetta la stessa corteccia terrestre, e le

teorie che valgono a dar spiegazione dei fenomeni attuali ed a comporre, direi quasi, la storia generale della terra dalle epoche più remote sino ai giorni nostri. E tale è appunto l'ordine che noi seguiremo in questo sunto, senza per altro descrivere particolarmente nè le rocce nè i fossili; perchè la descrizione mineralogica delle rocce fu già data come in appendice alla Mineralogia, e lo studio dei fossili appartiene alla Paleontologia, sulla quale trovansi bastevoli cenni nelle due parti di questi Elementi che trattano della Zoologia e della Botanica. Si delle rocce però come dei fossili tratteremo ancora in questa parte, considerandoli sotto l'aspetto geologico.

3. Porzione del globo terrestre a noi conosciuta. — La parte del globo che noi possiamo studiare è, per vero dire, assai piccola in confronto a quella che ci rimane nascosta. Infatti se sommiamo le massime altezze sopra il livello del mare a cui potè l'uomo arrivare sui monti (quasi 6000 metri) colle massime profondità, anch'esse riferite al livello del mare, in cui l'uomo può spingere le sue indagini, sia in persona (nelle miniere sino a 700 metri), sia colle deduzioni fondate sull'osservazione dei depositi che si approfondano sotterra in un luogo per ricomparire in un altro alla superficie (come di alcuni strati di carbon fossile che si approfondano sino a 6760 metri), vediamo che lo spessore della corteccia terrestre che l'uomo può esaminare, dalla più alta cima dell'Imalaia sino alla maggiore profondità raggiunta dagli strati conosciuti, non giunge a sorpassare i 14000 metri, cioè circa $1/435$ del raggio terrestre. Ma ciò non deve far considerare la Geologia come una scienza infondata; giacchè dalla cognizione di quel poco possono i geologi (vedremo poi come) cavare importantissime deduzioni anche sulle parti ignote e sui tempi scorsi, come anche molte utilissime applicazioni per le arti e l'industria, ed alcune teorie fondate sopra solide basi.

NOZIONI DI GEOGRAFIA FISICA

ATTINENTI ALLA GEOLOGIA

4. Figura e dimensioni della terra. — La forma circolare dell'orizzonte, contemplato da un vascello in alto mare o da un luogo assai elevato, come dall'alto d'una torre o dalla sommità d'una montagna, il modo con cui si alzano sull'orizzonte gli oggetti dal momento in cui cominciano ad apparire e mano mano che si fanno più vicini, il sorgere e tramontare degli astri, il ritorno dei viaggiatori al luogo di partenza, avanzando sempre nella stessa direzione, ed altri simili fatti provano ad evidenza che la terra è un globo isolato da ogni parte nello spazio.

Gli astronomi però non si limitarono a questa deduzione, e col mezzo di lunghi calcoli, fondati sulle misure dirette di varii tratti della superficie terrestre, sulle variazioni della gravità in diversi punti della stessa superficie e sui movimenti della luna, vennero a conoscere che la terra ha la forma d'uno sferoide appiattito ai poli, del raggio medio di più che sei milioni di metri (*).

(*) Le dimensioni del globo terrestre sono, secondo Humboldt (*Cosmos*), le seguenti:

Raggio equatoriale	metri 6,377,398
• polare	• 6,356,079
Differenza	• 21,319

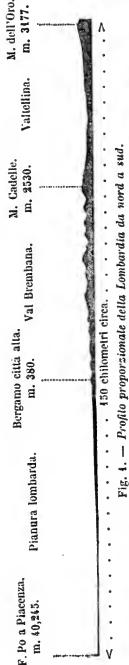
la qual differenza corrisponde a circa $\frac{1}{300}$ del raggio equatoriale.

Müller e Pouillet (*Lehrbuch der Physik und Meteorologie; Braunschweig 1852*) ammettono le seguenti misure:

Raggio equatoriale	metri 6,376,984
• polare	• 6,356,326
• medio, a 45° di latitudine	• 6,366,745

le quali si accostano molto a quelle date da Beudant nel suo *Corso elementare di Geologia*.

Secondo lo stesso Beudant la superficie della terra sarebbe di 5,094,321 miriametri quadrati, ed il volume di 4,079,235,800 mir. cubici.



Questa figura della terra sembrerebbe a tutta prima dover essere irregolarissima per le sporgenze delle montagne; ma queste, che vedute d'avvicino sembrano così elevate, sono un nulla paragonate all'estensione delle loro basi e della pianura, e più ancora se si confrontano col raggio terrestre: lo spaccato proporzionale disegnato nella figura 4, in cui cioè le lunghezze sono sulla medesima scala che le altezze, ne è una prova. Per ciò si usa dire che le montagne non alterano la forma generale del globo più che le rugosità della scorza del melarancio alterino la sua forma; e si aggiunge che se si volessero rappresentare in rilievo le più alte montagne sopra una sfera d'un metro di diametro, riuscirebbero dell'altezza di circa due terzi di millimetro (*).

La forma della terra è la stessa che assumerebbe una massa fluida o pastosa d'una densità simile a quella della terra, la quale ruotasse attorno ad un asse colla stessa velocità del nostro globo. Lo schiacciamento ai poli è dunque una prova dell'originaria fluidità o pastosità della terra.

5. **Densità.** — Col mezzo di complicate osservazioni e di calcoli si trovò

(*) Il monte più alto della terra è il Dawalagiri nell'Imalaia, che si eleva a 7821 e secondo altri a 8536 metri sul livello del mare; quindi, fatta la proporzione $12,000,000 : 8000 = 1000 : x$, si ha per x il valore $2/3$; cioè, sopra una sfera di mille millimetri di raggio, il Dawalagiri avrebbe l'altezza di due terzi d'un millimetro.

che la densità della terra va mano mano crescendo coll'avvicinarsi al suo centro. Il che si trova in oltre dover essere allorchè si considera che la densità media delle rocce che compongono la corteccia del globo non eccede mai la cifra 3, mentre la densità media della terra è, dietro le ultime ricerche, di 5,44 (*): così la terra peserebbe quasi cinque volte e mezzo più d'un egual volume d'acqua (**).

6. Temperatura dell'atmosfera. - Clima. — La temperatura del globo deriva da tre sorgenti, cioè dall'azione dei raggi solari, dalla irradiazione calorifica della parte interna del globo, dove vedremo esistere un serbatoio speciale di calore, e dalla temperatura degli spazii planetarii.

La temperatura dell'atmosfera deriva dal calore che l'aria assorbe dai raggi solari che la attraversano e dalle emanazioni del calore accumulato alla superficie della terra; delle quali due cause la seconda è sempre la più efficace.

L'aria nelle regioni più elevate essendo meno densa, deve assorbire meno calorico; e ciò è appunto quel che si osservò dagli arconauti, i quali, elevandosi a 6000 o 7000 metri sul livello del mare, trovarono una temperatura inferiore allo zero, quantunque al basso facesse molto caldo. Tutte le osservazioni concorrono a provare che la temperatura diminuisce tanto più quanto più aumenta l'altezza; e questa diminuzione sarebbe di 1° per ogni aumento d'altezza variabile fra 160 e 190 metri secondo i diversi autori. Da ciò in parte dipende il trovarsi sulle alte montagne le nevi perpetue, il cui limite inferiore, detto appunto *limite delle nevi perpetue*, varia in altezza col variare delle latitudini, della conformazione delle montagne, dei venti più frequenti, dell'umidità dell'aria, del clima del luogo, ecc. Un tal limite trovasi, per termine medio, all'altezza di quasi 5000 metri sul livello del mare sotto l'equa-

(*) Secondo alcuni moderni autori inglesi il numero rappresentante la densità media della terra dovrebbe essere aumentata a 48.

(**) Il Pilla (*Trattato di Geologia*; Pisa 1847, vol. 1, pag. 9) ammette che il peso della terra sia di 6,259,534 miliardi di miliardi di chilogrammi.

tore, a 2700 circa nelle Alpi, ed al livello stesso del mare ai poli (*).

Come la temperatura dell'aria diminuisce col crescere dell'altezza, così varia anche col variare delle latitudini, cioè coll'avvicinarsi ai poli od all'equatore. La temperatura media nei paesi tropicali è di + 28° cent., mentre dalle deduzioni dei fisici emerge che ai poli devesi avere una temperatura da 18 a 30 gradi sotto zero. Tra questi due estremi sembra che, per termine medio, ad ogni grado d'avanzamento verso i poli corrisponda un abbassamento di mezzo grado di temperatura; per lo che l'avanzamento d'un grado verso i poli corrisponde presso a poco ad una elevazione di 80 metri dal suolo.

Tal legge di variazione nella temperatura non è però uniforme: segue anzi leggi molto variabili. Se la superficie fosse regolare ed omogenea, la distribuzione del calore sarebbe pure regolare, e le linee che unirebbero i paesi che hanno un medesimo clima sarebbero esattamente parallele all'equatore; ma la cosa non è così. Quelle linee che passano per paesi che godono d'una medesima temperatura media, cioè le *linee isotermitiche*, non sono parallele ai gradi di latitudine, ma ora se ne allontanano, ora vi si avvicinano e li intersecano in un modo irregolare. Esse provano che la temperatura media dipende da un gran numero di circostanze speciali a ciascun paese, che Humboldt distingue in due serie: quelle che tendono ad elevare la temperatura e quelle che tendono ad abbassarla. Fra le prime egli annovera: la prossimità d'una costa occidentale nella zona temperata, la configurazione articolata dei continenti (cioè il loro frastagliamento per opera di golfi, mari interni ed arcipelaghi), l'esser le terre rivolte ed aperte verso la zona torrida e difese invece col mezzo di catene montuose dai

(*) Sotto l'equatore in America è a 4848^m, nel Chili sino a 5646, allo stretto di Magellano a 4130, sul versante meridionale dell'Imalaia a 3956, sul versante settentrionale a 5067, nelle Alpi a 2708, nel Kamtschatka a 1600, in Siberia (a 60° di latitudine) a 1364, in Norvegia da 1560 a 1072, in Islanda a 936, all'isola di Mageroe a 720. (Meneghini, *Lezioni orali di Geografia fisica*; Pisa 1851, vol. I, pag. 314.)

venti freddi, la mancanza di foreste sopra un suolo secco e sabbioso, la serenità costante del cielo durante l'estate, la vicinanza d'una corrente marina che apporti acque più calde di quelle del mare ambiente, ecc. Tra le cause che tendono ad abbassare la temperatura annovera: l'elevazione sopra il livello del mare d'una regione che non sia ad altipiani considerevoli, la vicinanza di una costa occidentale nelle zone temperate, la configurazione compatta dei continenti (cioè non frastagliati dai mari e dai golfi), una grande estensione di terre verso il polo e fino alle regioni dei ghiacci perpetui (salvo che non ci sia fra la terra e questa regione un mare sempre libero durante l'inverno), la mancanza d'ogni terra tropicale sul meridiano del paese di cui si parla, le catene di monti che impediscono l'arrivo di venti caldi, la vicinanza di monti altissimi isolati dai cui fianchi discendano correnti d'aria fredda, le foreste di una grande estensione, le paludi che nelle regioni fredde formano ghiacciaie durevoli anche nella state, un cielo nuvoloso d'estate e purissimo d'inverno, ecc. Esaminando le linee isotermitiche segnate sopra un mappamondo vedesi che in generale sono più regolari là dove passano sul mare che sul continente; e ciò perchè il mare è uniforme nella superficie e nella sostanza, mentre il contrario avviene per la terra ferma.

Ma il clima di un paese non è abbastanza determinato quando si conosca la sua temperatura media; bisogna tener calcolo anche di quelle della state e dell'inverno, giacchè possono due paesi avere la stessa temperatura media senza che i loro climi sieno eguali, avendo differenti gli estati e gli inverni. Humboldt chiamò *isochimene* le linee che uniscono i paesi aventi egual temperatura invernale, ed *isòtere* quelle di eguale temperatura estiva. Anche queste linee sono prive di regolarità, e non sono parallele nè alle linee isotermitiche, nè ai gradi di latitudine, nè fra loro stesse (*).

(*) L'equatore isotermitico, o linea della massima media temperatura (28° circa), non coincide coll'equatore geografico, ma lo interseca in due punti, cioè nel mare di Borneo, e nel mezzo dell'Oceano Pacifico, al me-

Esse provano che sul mare o sulle coste marittime o presso acque di molta estensione i climi hanno meno variazione dall'inverno alla state, mentre nel mezzo dei continenti si passa da rigorosissimi inverni a caldissimi estati. Da ciò la distinzione dei climi delle coste e delle isole, detti quindi *insulari*, che hanno le stagioni pressochè uniformi, dai climi dell'interno, che dimandansi *eccessivi* per le grandi differenze di temperatura (*).

ridiano delle isole Sandwick, rimanendo così per 255° nell'emisfero settentrionale e per 105° nel meridionale; se ne allontana di 45° di latitudine verso il nord nell'Abissinia, e di 6°,30 nell'Oceano Pacifico: la massima temperatura annuale è nell'interno dell'Africa di 29°,97. Le linee isoterliche deviano dal parallelismo all'equatore termico, presentando in generale due grandi inflessioni convesse verso il polo boreale, in rispondenza alle coste meridionali dell'antico e del nuovo continente. Le linee corrispondenti a 0° od a temperature più basse, nell'emisfero boreale, si rendono concentriche a due punti, i quali si riguardano come poli di freddo e si trovano al parallelo 80°; l'uno al settentrione del Canada, e segna — 19°,7, l'altro al settentrione della Siberia, e segna — 47°,2. Analogamente, ma con maggior inflessione, avviene delle linee isochimene dell'emisfero boreale. Le linee isotere si riferiscono a due centri, di cui uno, ben definito, si estende dal centro dell'Africa alla sponda settentrionale del Golfo Persico, al Golfo di Bengala ed all'isola di Zanzibar, comprendendo un'area nella quale si ha 29°,4 di media temperatura estiva.

(*) • L'Europa, dice il Pilla, comparata alle parti orientali dell'America e dell'Asia, gode di un clima insulare. A Nuova Yorck, a 40°,42', si trovano l'inverno di Norvegia e le stati d'Italia; a Peckino, a 33°,54', occorrono gl'inverni di Upsal e le stati del Cairo. • Ed aggiungeremo, con Humboldt, che ad Astrakan la temperatura media dell'anno è di circa 9°, ascendendo nell'estate a 21°,2 come a Bordeaux, e discendendo nell'inverno a 25° o 30° sotto zero; che nel nord-est dell'Irlanda il mirto cresce in terra come in Portogallo; che la temperatura della state giunge a 24° in Ungheria ed a soli 16° a Dublino, quantunque sulla stessa linea isotermica; che alle Orcadi, un po' al sud di Stokolma, la temperatura media dell'inverno è di 4° maggiore che a Parigi, e quasi eguale a quella di Londra; che alle isole Feroe non gelano mai le acque interne, sotto la dolce influenza del vento di ovest e del mare. Alla Gulana, dice il Meneghini, la differenza annuale è di 1°,2, di 6° a Madera, di 45° a Parigi e Londra, di 32° a Peckino e Nuova Yorck, a Jakutsk perfino di 63,5. Climi costanti sono quelli delle selve dell'Orenoco superiore, ove la temperatura è sempre di 4° superiore a quella dell'agosto a Palermo: a Popayan, a 4773^m d'altezza, è perenne l'estate di Marsiglia, come a Quito, a 2908^m d'altezza, il maggio di Parigi. Da simili cause dipende che l'Africa si può,

Bastino questi pochi cenni a mostrare quanto interessante sia lo studio della climatologia, sì considerata qual parte della fisica della terra, come rispetto alla vegetazione, all'agricoltura ed alla vita dell'uomo.

Riguardo alle massime variazioni della temperatura alla superficie del globo giovi riportare le osservazioni che il Pilla stesso estrasse da una memoria d'Arago. « Nelle nostre latitudini le variazioni d'intorno al termine medio sono da 25° a 20° ora in più ed ora in meno: nel secolo passato il termometro discese a Parigi a -23° ed innalzossi fino a $+38^{\circ}$; differenza 61° . In nessun luogo dei continenti ed in nessuna stagione un termometro posto due o tre metri sopra il suolo ed al ricovero di ogni riflessione non ha segnato $+46^{\circ}$ c. A largo mare la temperie dell'aria, qualunque si fosse il luogo e la stagione, non giunse mai a $+31^{\circ}$. Il massimo grado di freddo che si è osservato sul globo col termometro sospeso in aria è di -50° . Infine la temperie superficiale del mare non si eleva giammai sotto qualsiasi

secondo il Pilla, comparare ad un'immensa fornace che distribuisca il suo calore all'Europa ed alle parti occidentali dell'antico continente.

Nella pianura lombarda la temperatura media è di circa 13° c. La sua linea isotermica attraversa l'Italia superiore, lasciando a settentrione Torino, Milano e Lodi, ed a mezzodì Pavia, Bergamo, Brescia, Verona, Padova, Venezia, ad onta della maggiore elevazione di Bergamo, Brescia e Verona. Verso il mezzogiorno d'Italia la temperatura media aumenta di circa $0^{\circ},7$ per ogni grado di latitudine; però Bologna, che ha la media temperatura di $14^{\circ},4$, forse per la vicinanza del mare e il facile accesso delle influenze meridionali. Nel monti la diminuzione è di 1° c. ogni 170 metri d'altezza; però v'hanno molte eccezioni a questa regola. Tranne le riviére dei grandi laghi, e specialmente del Benaco, che si accostano al clima marittimo del Mediterraneo, la Lombardia si può dire che abbia un clima continentale, essendovi fra la temperatura media estiva (luglio) e la media invernale (gennaio) una differenza di 20 a 22 gradi c.; però l'andamento termometrico è abbastanza regolare fra quei due estremi. Nelle pianure il caldo giunse talora a $+34^{\circ},4$ (Milano 1832) ed a $36^{\circ},8$ (Mantova 1832); il freddo sino a $13^{\circ},5$ (Milano 1800) ed a 15° (Milano 1767 e 1838) del termometro centesimale. In Valtellina avvengono salti assai rapidi di temperatura, di 11° e perfino 17° in un sol giorno; e le massime escursioni dal caldo al freddo giungono da $+32^{\circ}$ a $-12^{\circ},5$ nella bassa valle, ma fino a $32^{\circ},5$ nell'Interno delle Alpi. (Vedi *Notizie naturali e civili sulla Lombardia*; Milano 1844, vol. I, pag. 93 e segg.)

grado di latitudine ed in nessuna stagione al di sopra di 30°. Dal che ne deriva che tra le estreme osservazioni termometriche fatte infino a questi giorni nell'atmosfera intercede la differenza di circa 100 gradi, e che nel mezzo di questa differenza trovasi press'a poco il punto di congelazione. »

7. Temperatura dello strato superficiale della terra.

— La temperatura del suolo, come tutti sanno, varia colla diversa posizione del luogo rispetto al sole, e nei luoghi sotterranei queste variazioni diurni di temperatura sono appena sensibili o non si sentono affatto. Alla profondità di 1^m,30 non si fanno più sentire le variazioni diurne, ed a quella di 24 metri circa cessano d'esser sensibili le annue: dal che si deduce che l'azione calorifica dei raggi solari non ha effetto sulla terra che in uno strato superficiale avente lo spessore di circa 24 metri; spessore però che è soggetto a molte variazioni secondo la varia condizione dei luoghi (*).

8. Temperatura nelle parti interne. — Sotto lo strato superficiale di temperatura variabile il calore non si trova uniformemente distribuito. Le osservazioni dirette della temperatura delle miniere a diverse profondità, delle acque termali, di quelle provenienti dai pozzi artesiani, provano all'evidenza che la temperatura va crescendo coll'aumentare della profondità. Tale accrescimento di calore segue leggi molto diverse secondo i luoghi. Così nel pozzo di M. Masi in Toscana l'aumento era di un grado per ogni 13 metri, forse per la vicinanza della causa che a Monte Cerboli produce i lagoni; ma dall'insieme delle osservazioni si deduce che l'aumento di temperatura è all'incirca di un grado per ogni 30 metri di profondità, salvo le cause accidentali di differenza (**).

Se tale progressione si continuasse per tutto l'interno del globo, alla profondità di 3000 metri si avrebbe la tem-

(*) Boussingault trovò la temperatura invariabile alla profondità di un piede in alcuni paesi tropicali.

(**) Tale è la progressione ammessa anche da Humboldt: altri mettono invece 1° per 33 metri di profondità.

peratura dell'acqua bollente, ed al centro della terra il calore enorme di più di 200,000 gradi! Ma senza andare fin là, possiamo ritenere che alla profondità di 150 o 200 chilometri si avrà una temperatura di 5000 a 7000 gradi circa, alla quale nulla resiste senza entrare in fusione. È quindi naturale il credere che la corteccia solida non abbia in generale che lo spessore di 20, 30 sino a 40 chilometri, secondo le varie rocce, e che sotto di essa siavi un immenso nucleo di sostanze in fusione, a guisa delle lave che escono dai vulcani. Se confrontiamo ora questo spessore della crosta solida col diametro terrestre, di 12000 chilometri, vediamo quanto essa sia debole e sottile, e dobbiamo quasi stupirci del come non avvengano catastrofi maggiori di quelle che succedono in realtà nei vulcani, nei terremoti, ecc. (*).

9. Temperatura delle acque. — Hanvi sorgenti calde e sorgenti fredde, ed il loro calore dipende in generale dalla profondità da cui provengono, modificata però dalle circostanze che si riferiscono alla loro velocità, alla natura delle rocce per cui passano, alla profondità da cui provengono, ecc. Dal che vedesi come vadano errati quelli che dalla temperatura delle sorgenti credono si possa desumere quella media del paese; giacchè ben poche son quelle che vengono dalla profondità ove la temperatura del suolo è costante ed eguale alla media esterna.

Dalle osservazioni sulla temperatura dei laghi e del mare a diverse profondità si deduce in generale: che le acque al fondo dei laghi hanno una temperatura pressochè costante e di circa $+4^{\circ}$, punto della massima densità dell'acqua; che l'acqua della superficie può facilmente gelare senza che il raffreddamento si propaghi celereamente negli strati inferiori, essendo per tal modo lentissimo l'accrescimento dello spessore del ghiaccio superficiale; e che nei mari tropicali la temperatura diminuisce crescendo la profondità, e nei

(*) Se si volesse rappresentare questa crosta solida sopra un globo d'un metro di diametro, riuscirebbe dello spessore vario d'un millimetro poco più a tre millimetri circa.

mari dei poli sembra avvenga il contrario, secondo Scoresby, diminuisca invece, secondo altri osservatori.

10. Temperatura dello spazio. — I risultati delle ricerche dei fisici sulla temperatura degli spazii planetarii furono spesso assai diversi fra loro: Poisson la ammette di -13° , Fourier di 50° o 60° sotto lo zero, Pouillet di -142° ; ma in generale que' risultati provano che essa è molto bassa, inferiore a quella dei poli terrestri ed a quella del punto di congelazione del mercurio.

11. Variazioni della temperatura del globo nei tempi passati. — Da varie complicate ricerche degli astronomi risulta che la temperatura generale del globo nel corso di 20 secoli non s'è diminuita d'un decimo di grado; giacchè altrimenti il suo volume si sarebbe scemato di tanto da produrre una diminuzione calcolabile nella durata dei giorni, il che è contrario ad ogni osservazione. Rispetto alla temperatura della superficie del globo non v'ha in generale prova alcuna abbastanza soddisfacente d'una variazione sensibile nei tempi storici; quantunque abbiano potuto avvenire in realtà dei piccoli cangiamenti nei climi d'alcuni paesi, ma del tutto locali e dipendenti dalle modificazioni prodotte dall'industria dell'uomo più spesso che da altre cause. Speciali calcoli provarono poi che bisognano più di trentamila anni perchè il calore sotterraneo venga ad avere soltanto l'aumento di un mezzo grado per ogni trenta metri di profondità, mentre ora quell'aumento è di un grado.

Mentre tutto concorre dunque a provare l'invariabilità della temperatura del globo nei tempi storici, vedremo più avanti molte prove che attestano avere la temperatura del globo soggiaciuto a rilevanti diminuzioni durante i tempi anteriori all'epoca attuale (*).

12. Superficie del globo. — La Geografia c'insegna che la superficie del globo, di 5 milioni di miriametri quadrati,

(*) Avremmo voluto dare anche alcune nozioni sulle parti della Meteorologia che riguardano la pressione atmosferica, i venti, l'umidità, le piogge, il magnetismo e l'elettricità terrestri, ecc.; ma la brevità impostaci ne costringe a rimandare i lettori ai trattati di quella scienza, od alle *Lezioni di Geografia fisica*, del professor Meneghini.

è occupata per circa tre quarti dai *mari*, in seno ai quali si elevano qua e là le *terre*, raggruppate verso il nord e terminate per lo più in punta verso il sud. Così la terra rimane coperta da due involucri, per usare della bella espressione di Humboldt, l'uno *generale*, cioè l'atmosfera, composta di fluidi elastici, l'altro *locale*, cioè ristretto in certe regioni, ed è il mare che limita la terra ferma e ne determina la figura. Dal 40° di latitudine sud fino al polo antartico la superficie terrestre è quasi interamente coperta d'acqua; l'emisfero australe è dunque essenzialmente oceanico. L'elemento liquido predomina egualmente nello spazio compreso fra le coste orientali dell'antico continente e le occidentali del Nuovo Mondo; esso non vi è interrotto che da rari arcipelaghi, perciò gli è del tutto adatto il nome di *Grande Oceano* con cui fu appellato. L'emisfero australe e l'emisfero occidentale (rispetto al meridiano di Teneriffa) sono dunque le regioni del globo più abbondantemente provvedute di acqua.

13. Ineguaglianze terrestri. — Svariatisimo è il rilievo delle parti solide. Talora, appena sporgenti dal mare, formano gli *scogli*, i *banchi* e le *catene di scogli*; altre volte sporgono maggiormente e formano le varie specie di *isole*, e quando la loro superficie è molto più estesa, i *continenti*, dei quali le catene di montagne sembrano quasi formare l'ossatura, elevandosi a grandi altezze.

La direzione e la forma è varia nei continenti. Così il continente antico (Europa, Asia, Africa) è diretto in massa dall'ovest all'est, più esattamente dal sud-ovest al nord-est, mentre il nuovo segue un meridiano, stendendosi da nord a sud, più esattamente da S. S. E. a N. N. O. Inoltre alcune parti di quei continenti sono più frastagliate dai mari interni e dai seni di mare, o, come li chiama Humboldt, *articolati*, e sono quindi più atti allo spandersi della civiltà, ed offrono maggiore varietà di climi che altre parti più estese, meno variate, e che da Humboldt stesso si chiamano *compatte*.

La superficie poi dei continenti è resa irregolare dallo sporgere delle montagne, sia isolate, sia unite in estese catene, e la cui altezza varia d'assai, giungendo in Europa a 4810^m (monte Bianco), in America a 7696 (Nevado di Sorata), in Asia sino a 7821 od a 8556 (Dhawalagiri) sul livello del mare (*).

Neppure il fondo del mare è uniforme; anzi si può considerare come una pianura quasi orizzontale dalla quale sporgano protuberanze analoghe alle montagne dei continenti. Così l'Adriatico è piano come la Lombardia alla quale fa seguito, abbassandosi gradatamente verso la Dalmazia, dove le coste sono più scoscese che quelle d'Italia, e s'innalzano sopra la di lui superficie, quali cime di monti sottomarini, le isole Jonie e le vicine. La massima profondità del mare è di 10,000 metri, la media di 3,000: onde il volume delle acque sarebbe sì piccolo in confronto di quello della massa terrestre da escludere ogni idea che la fluidità primitiva del globo fosse opera d'una dissoluzione della terra nell'acqua.

Tra le ineguaglianze continentali si chiamano *colline* quelle che raggiungono 300 o 400 metri d'altezza, *monti* quelle che oltrepassano quella misura. Ond'è che fra i così detti colli della Brianza vanno distinti come montagne i colli San Genesio (857^m) e Montevercchia (503), e il monte Baro (965).

Il *pendio* alla base dei monti, ossia delle loro *falde*, è generalmente poco inclinato per l'accumulamento delle materie cadute dai fianchi e dalla cima. I *fianchi* divengono in generale più ripidi, e la loro inclinazione è grande quando eccede i 30 gradi (**). Le cime poi offrono le forme più svariate, ora piane e dette *altipiani* (*plateau*), ora arro-

(*) Il monte Rosa si eleva 4621 metri, ed è forse, dopo il Bianco o il Gigante (4623), il più alto delle nostre Alpi.

(**) Un pendio, dice d'Aubuisson, è già considerevole quand'è da 7° ad 8°, ed il massimo per le vetture; è assai ripido a 15°, massime per le bestie da soma; a 35° non è praticabile dall'uomo senza scavare dei gradini; ed Humboldt considera come impraticabile, anche col mezzo dei gradini, ogni pendio che abbia più di 44° d'inclinazione.

tondate e dette *cupole* (*dôme, ballons*), ora coniche e chiamate *coni* o *picchi* (*puy, pitons*), ora a denti a guglie, ora a torri, ora a gradinate, ecc. Queste forme diverse non dipendono però dall'epoca o dall'età delle montagne, ma sibbene dalla natura della roccia che le compone; del che ogni paese può offrire esempi numerosi (*).

Dalle montagne al piano avvi un passaggio insensibile col mezzo delle colline di varie grandezze, e per il pendio insensibile delle stesse pianure, il quale si può misurare colle livellazioni, ed è indicato press'a poco dal corso delle acque da cui sono solcate (**).

(*) Così, per citare alcuni esempi lombardi, il Resegone di Lecco si riconosce anche da lontano formato di *dolomia* pel suo colore grigio e le sue aguglie slanciate; i monti d'Erba si riconoscono composti di *calcari compatti* e *argillosi*, perchè scoscesi e talora a gradinate; certi monti di Val Gana di *porfido quarzifero* per la forma arrotondata; i laneuoli di Brissago di *serpentino*, perchè sembrano da lungi terminati da lancia; altri ad Ascona di *diorite* e *amfibolite*, perchè arrotondate, ed altri di *gneiss* e *micaschisti*, perchè a muraglia; e infine quelli di *schisti marmocarbonei* in Val Brembana per la forma tondeggiante, ma di lieve pendio.*

(**) Valgano ad esempio alcuni cenni topografici sul nostro paese, che caviamo dal vol. I delle *Notizie naturali e civili sulla Lombardia*, pubblicate a Milano in occasione del congresso degli scienziati. Nelle Alpi Retiche, che circondano la Lombardia verso il nord ed alimentano l'Inn e il Reno verso settentrione, l'Adda a mezzodi, la più alta vetta sembra essere il monte Fuscagno (3088^m); ma davanti ad esse sporgono come torrioni alcune cime più alte, fra cui il monte Disgrazie (3675^m) fra Val Malenco e Val Masino, che sembra il più alto di tutti. Le Prealpi od Alpi interne staccansi dalle vere Alpi e versano tutte le loro acque in Lombardia, formando tre catene principali, cioè: la *Camonia*, la più elevata e alpestre, che si stacca dalle Alpi, al monte Braulio, formando un ammasso colossale, il più alto (3917^m) dell'Italia superiore, e dividendo il bacino dell'Adda da quello dell'Adige; l'*Orobica*, che racchiude fra sè e le Alpi la Valtellina; e la *Mesolcina*, che scende fra il Ticino e l'Adda, collegandosi ai monti Varesini (1068^m), Ceresii (dalla Vall'Intelvi a Como, 1707^m), della Valsässina (1693^m), e finalmente coi Colli Briantei (837^m). Il punto più basso di Lombardia è il livello del Po a Quattrelle, al confine colla provincia veneta di Rovigo e colla legazione di Ferrara, il quale è ordinariamente di soli 7 metri sopra il livello della consueta alta marea dell'Adriatico; per il che lo specchio d'acqua del Po dai nostri confini sino al mare ha la pendenza di soli 6 centimetri per mille metri, e vuolsi considerare quasi come un lago. La superficie della pianura presso Quattrelle si leva ben poco sulle acque del Po, e può valutarsi a 20

Fra le pianure, alcune sono a pressò a poco al livello del mare o di poco superiori, come la vallata del Lombardo-Veneto; altre sono inferiori al livello del mare, come alcune dell'ovest dell'Asia (i dintorni del mar Caspio, del lago Aral, del mar Morto, il cui livello è a 426 metri circa inferiore a quella del Mediterraneo, ecc.), che sembrano esser state un tempo il fondo di mari interni; altre infine ne sono di molto più elevate, e formano gli *altipiani*, fra i quali si annoverano specialmente quello del Thibet in Asia, e quello di Quito in America (3000^m).

Alcune pianure sono incolte senza grandi foreste e quasi inabitate, per il che hanno sembianza di triste solitudini:

metri incirca sul livello marino; a Mantova a 34, a Cremona 45, a Lodi 79, a Pavia circa 80, a Milano da 114,627 (Porta Romana) a 122,131 (soglia del Duomo) e 124,206 (Arco del Sempione); a Brescia da 150 a 156, a Monza 168, a Como 199, a Somma 250, alla quale altezza incirca va poi secondando le ultime onde dei colli fin sotto Bergamo (città bassa 250, città alta 380). Chi prendesse per norma il livello del lago di Garda, ch'è a poco meno di 70 metri, troverebbe allo stesso livello il Mella presso Manerbio, l'Olio presso Quinzano, il Serio presso Crema, l'Adda presso Lodi, il Lambro presso Lodi-Vecchio, le rive del Ticino poco sopra Pavia. Sull'ampio piedestallo di queste pianure si eleva lungo tutto il paese una zona di deliziose colline (Missaglia 317^m, Montevecchia 503, Monticello 394, Cremella 385, Inverigo 374, Erba 340, Oggionno 262, Ello 414); poi una zona di monti ubertosi sino a 1400 metri d'altezza (Sangesio 857, Baro 965, Sacro Monte presso Varese 867, Campo dei Fiori 1227, Sasso del Ferro 1068, Bishino 1339, Canto Alto 1286, Misma 1159): più sopra spuntano d'ogni parte le nude creste (Generoso 1728, Albenza 1428, le Grigne 2180 e 2412, Resegone 1879, Aralalta 2007, Corna di Canzo 1374). A 2500 metri, sul dorso dei monti Orobi, i pascoli sono frequentati dai pastori solo nel cuor della state, e il declivio boreale è sparso sovente di neve estiva; al di là del tremila metri tutto è rupe e gelo tanto nelle Alpi Retiche quanto nelle arcigne ed eccelse masse dell'Adamo e del Zebrù; ma questi sono tesori serbati da una provvida natura alla floridezza delle nostre pianure ed alla solerzia dei nostri agricoltori. Le interposte valli cominciano tutte sopra i 200 metri (lago di Varese 235,5, di Lugano 272,3, Maggiore 194,6, d'Alserio e di Pusiano 259, Serio ad Alzano maggiore 172, Brembo a Ponte San Pietro 224, lago di Como 198,7, lago Sebino 191,8); le meno alpestri non oltrepassano col loro fondo i 600, la Trompia e la Canonica raggiungono gli 800, l'alto bacino della Val Bormio i 1200; e fin sopra al 1700 si levano gli aspri nidi d'aquile di Val Furva e Val Licigno.

tali sono quelle che diconsi *steppe* nell'Impero Russo, *llanos* e *pampas* in America, *lande* in Francia, e differiscono essenzialmente dai *deserti*, che sono del tutto sterili, quasi oceani di sabbia mobile, dove l'occhio, per girare che faccia, non trova nessun punto di riposo.

14. Catene di montagne. — Le montagne in generale non sono isolate, ma riunite in serie di varia lunghezza, dette *catene di montagne*. Queste si possono paragonare a due piani inclinati riuniti da una linea orizzontale, o alle due ale d'un tetto a due pioventi. Il cornignolo del tetto rappresenta la *cresta* della catena, detta altrimenti *giogo*, *spigolo*; i pioventi o le ale i due *versanti*, detti anche *gronde*, pei quali scendono i torrenti e i fiumi, entro spaccature e solcature che formano le *valli*, separate fra loro dai rialzi montuosi detti *contraforti*. *Cordonate* diremo le fasce montuose che scorrono parallele alle catene principali, hanno altezza minore e fanno passaggio a poco a poco alle colline. I rami d'una catena all'estremità sono divergenti, prendendo l'aspetto come d'una zampa d'oca. Molti, e fra questi Beudant, paragonano una catena di monti ad una spina d'un pesce, dalla quale partano perpendicolarmente le coste e apòsisi che rappresentino i contraforti. Altri invece, come Studer, considerano le catene montuose come una riunione di varii centri oblungi d'una zona vulcanica diretti in generale nel medesimo verso della catena.

La disposizione delle catene montuose determina spesso la forma dei continenti e delle isole. Così l'Italia e la Sicilia presentano forme del tutto dipendenti dalle direzioni delle catene che le solcano.

L'inclinazione del versante delle Alpi verso l'Italia è minore di quella del versante verso la Svizzera; e per le catene secondarie, per esempio nei colli della Brianza, il versante è meno inclinato verso la pianura che verso la catena centrale. In generale i due versanti d'una catena non hanno mai la stessa inclinazione, essendo uno molto dirupato e scosceso, l'altro invece di pendio assai dolce.

La *cresta* delle catene non è sempre all'eguale altezza; ora s'innalza di molto, formando i *pizzi* od i *rialti* (*massifs*) là dove si riuniscono due rami opposti di montagne; ora si abbassa ove s'incontrano ai due lati le valli, formando così i *colli*, le *colme*, che nei Pirenei diconsi anche *porti*, *passaggi*, *passi*, nel Giura *pertugi*, ecc. Le *gole* (*défilés*) son comprese fra due balze e mettono fra loro in comunicazione due valli. Le coste dei monti che cadono scoscese nel mare, e contro le quali urtano i flutti marini, diconsi *costiere* (*falaises*).

Le catene di montagne, considerate come formate a guisa di spine di pesci, sembrano incrocicchiarsi frequentemente; ma, considerate come riunioni di gruppi derivanti da diversi centri di eruzione, que' pretesi incrocicchiamenti non sono che i rami di quei gruppi secondarii.

In ogni catena si può osservare una direzione generale, e quasi sempre le catene montuose sono parallele alla più grande dimensione delle terre su cui si trovano; da oriente a occidente nel continente antico, da nord a sud nel nuovo.

Le catene montuose sono fra loro separate col mezzo di mari, laghi, vallate, pianure, od anche da semplici e ristrette gole percorse da corsi d'acqua, il che vedesi specialmente nelle Alpi divise dal Giura per mezzo del Rodano, nelle Porte di ferro, per cui passa il Danubio dal Banato nella Valacchia, ecc. Talvolta una sola catena può offrire varii tronchi con direzioni differenti; così le Alpi hanno fra il Mediterraneo e il monte Bianco una direzione diversa che di là sino alla loro estremità orientale.

15. Valli e loro acque. — Chiamansi *valli* quelle depressioni più o meno profonde nelle quali scorrono torrenti o fiumi. Sono *valli longitudinali* quelle fra due catene di montagne, come la vallata del Po fra le Alpi e gli Apennini; e *valli trasversali* quelle laterali alle precedenti, ed in esse terminano e conducono le loro acque, come le valli del lago di Como, del Bergamasco, del Bresciano, ecc. Le valli hanno varia forma; in generale spaziose le longitudinali, ristrette e talora anche scoscese le trasversali. Il fondo

della valle (*thalweg*) offre molte variazioni d'inclinazione da un luogo all'altro, ed è talora ristretto e ripido, talora allargato a foggia di circolo (valle Anzasca).

Lo scolo delle acque forma i ruscelli, i torrenti, i fiumi, colle *cascate*, colle *rapide*, coi *salti*, colle *cataratte*, ecc. Una *rapida* è quella dell'Adda a Paderno, che rese non navigabile il fiume, sicchè divenne necessario costruire il noto naviglio laterale.

Ultimo fatto importante è quello del parallelismo delle pareti delle valli, specialmente trasversali, sicchè ad un angolo saliente in una parete ne corrisponde uno rientrante nell'altra (*).

STRUTTURA GEOLOGICA DELLE ROCCE

16. Rocce massicce e rocce stratificate. — L'illustre Pilla chiama *struttura geologica* delle rocce la loro disposizione generale considerata sopra grande estensione. La quale disposizione è principalmente determinata, dic'egli, dall'ordine e dall'andamento delle linee di divisione che presentano le masse minerali.

Tra le rocce ve n'hanno alcune le quali, come il granito, il porfido, ecc., si mostrano in masse unite e di apparenza uniforme, e diconsi *massicce*; altre son disposte a modo di piani gli uni agli altri sovrapposti con simmetria, e si addimandano rocce *stratificate*; altre infine si presentano divise in prismi od in isfere. Tralasciando di parlar della struttura delle prime, perchè nulla v'è a dire in particolare, passiamo a toccar subito delle seconde.

17. Stratificazione - strati - letti - suoli, ecc. — Sotto il nome di *stratificazione* intendiamo quella disposizione per la quale una massa minerale trovasi divisa da fessure più o meno estese in parti di poca grossezza in proporzione

(*) Valga ad esempio la valle del lago di Como. Agli angoli salienti ove stanno Torno, Torriggeria, Cavagnola, ecc., corrispondono gli angoli rientranti di Moltrasio, Riva di Molina, Argegno, ecc.

della loro lunghezza e larghezza, e che sono parallele, tanto considerate separatamente come nel loro complesso, ad una stessa superficie generale piana o curva. Chiamansi in generale *strati* quelle parti in cui le rocce stratificate son divise dalle suddette fessure *suoli* (*couches*) gli strati molto regolari, massime quando sono distinti fra loro non solo da quelle fessure, ma benanche da deposizioni di altre materie; *banchi* o *letti* queste deposizioni che interrompono la continuità di un gruppo di suoli; e più specialmente *banchi* quelli formati di materie coerenti, *letti* quelli di materie incoerenti e molto sottili.

Chiamasi poi *formazione* l'insieme o il gruppo di molti strati, anche di rocce differenti, che vennero deposti successivamente e senza interruzione; ed è chiamato *terreno* un gruppo di formazioni che si avvicinano per molti caratteri paleontologici e che si depositarono fra due cataclismi importanti.

Potenza d'uno strato, d'una formazione, d'un terreno, è lo spessore di quello strato, di quella formazione, di quel terreno, cioè la distanza delle due superficie superiore ed inferiore.

18. Accidenti della stratificazione. — La stratificazione è non di rado soltanto *apparente* o *falsa*, e ciò avviene sia per alcune fessure piane che attraversano le rocce massicce, sia per altre fessure che dividono le rocce stratificate in una direzione diversa da' veri piani di stratificazione. Da ciò la necessità nei casi dubbii di osservar bene per non cader in errore.

Diconsi *strati essenziali* quelli che costituiscono parte integrante d'una formazione; *abituali* quelli che vi si trovano spesso, ma non ne fan parte necessariamente; *subordinati* quelli compresi fra altri di diversa natura, come un letto di ferro ossidulato interposto agli strati di gneiss.

Chiamasi *stratificazione a battello* quella in cui gli strati si sono deposti sul fondo e sulle pareti d'una valle seguendo la forma; *a sella* quando gli strati sono modellati sopra un terreno fatto a schiena d'asino; *a mantello*

quando il corpo della montagna è ricoperto all'interno da strati e la cima n'esce fuori col capo.

Si dice che gli strati *affiorano* quando le loro sommità o teste vengon fuori di sotto ad altri e si mostrano allo scoperto, ed il modo d'apparire dicesi *affioramento*.

Nelle montagne trovansi gli strati per lo più non orizzontali, ma inclinati all'orizzonte ed anche verticali, che contengono conchiglie marine ad altezze sterminate; e le puddinghe e le arenarie che vi si trovano presentano i ciottoli allungati coll'asse maggiore parallelo non all'orizzonte, ma al piano dello strato. È facile dedurne che quegli strati devono necessariamente essere stati deposti sotto le acque del mare e poi sconvolti, smossi dalla loro posizione orizzontale primitiva ed emersi dall'acqua, sia per un sollevamento o per un abbassamento d'una parte, restando ferma l'altra, sia per movimento generale d'altalena.

19. Spaccati geologici. — Per rappresentare le varie stratificazioni e le relazioni fra le diverse deposizioni si usano degli *spaccati naturali* e degli *spaccati artificiali*. In geologia dicesi *spaccato* o *sezzone* o *taglio*, ogni disegno che rappresenti le intersezioni delle superficie del suolo, degli strati, dei filoni e degli ammassi di rocce che lo formano, con un piano, che generalmente si ritiene verticale. Sono *spaccati naturali* quei siti dei monti o delle pianure dove le rocce si offrono naturalmente a nudo, spaccate in un piano più o meno prossimo al verticale; *artificiali* quelli che si trovano coll'arte, combinando insieme due o più spaccati naturali, e supponendo tutto il paese segato con un piano verticale diretto in modo da avere una sezione più conveniente per le ragioni che vedremo fra poco. Così gli spaccati servono in Geologia, a dare una chiara idea della disposizione delle rocce, come servono in Architettura e in Meccanica a far meglio intendere la disposizione delle parti d'un edificio o d'una macchina.

20. Strati orizzontali, inclinati e verticali. — Gli strati diconsi *orizzontali*, *inclinati* o *verticali*, secondo che le

loro facce piane sono parallele, oblique o perpendicolari al piano dell'orizzonte.

I libri rappresentati nella figura 2 daranno un'idea di queste tre disposizioni. Ove si supponga che i libri rap-

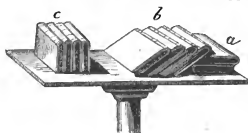


Fig. 2.

presentino altrettanti strati, e il piano del tavolo l'orizzonte, quelli in *a* sarebbero *orizzontali*, quelli in *b* *inclinati*, e l'angolo che essi fanno col piano del tavolo sarebbe l'*angolo*

d'inclinazione degli strati; quelli in *c* sarebbero *verticali*. Negli *strati inclinati* sono da osservare la *direzione* e l'*inclinazione*.

21. Direzione degli strati. — La *direzione d'uno strato* è il punto dell'orizzonte verso cui dirigesì una retta orizzontale disposta nel piano d'una faccia dello strato, o la retta che è comune sezione di quella faccia piana dello strato con un piano orizzontale. Questa direzione si valuta ordinariamente colla *bussola da geologo* (fig. 3); la quale è di poco diversa della comune, e può essere sì circolare come quadrata. Preferiamo la graduazione in cui, partendo dal nord oppure dal sud, si contano 90° verso l'est e 90° verso l'ovest, perchè ci sembra la migliore per l'uso pratico. Altri dividono il cerchio graduato in 360° , collo zero al nord, come nelle bussole comuni. In Allemagna il cerchio è diviso in ore e non in gradi; si contano 12 ore dal nord al sud ed altrettante dal sud al nord. Altri dividono il cerchio in gradi contando 180° dal nord al sud, e altrettanti dal sud al nord. Per osservare la direzione d'uno strato bisogna tenere in mano la bussola orizzontale, mettere la linea NS parallela alla retta orizzontale nel piano dello strato, e guardare quanti gradi indica l'ago calamitato. Nella nostra figura l'ago segna circa 75° da nord verso ovest; la retta A B non è diretta secondo nord 75° ovest, ma secondo nord 75° est, del che

è facile a vedersi il motivo. A fine d'evitare questo passaggio dalla direzione indicata alla vera, alcuni usano can-

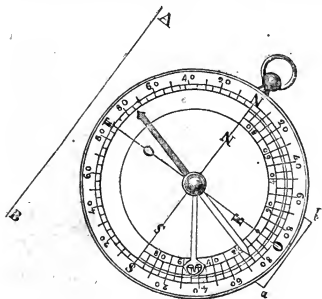


Fig. 3.

giare il posto alle lettere E O nella bussola, mettendo l'E a sinistra e l'O alla destra del nord, come nella fig. 3; ed allora la punta nord dell'ago, che per lo più è tinta in azzurro, indica già da sè sola la vera direzione dello strato.

Perchè l'osservazione riesca esatta, bisogna tener calcolo anche della *declinazione magnetica* nel luogo d'osservazione, la quale per Milano è attualmente di circa 16° e mezzo verso ovest; onde la vera direzione della retta A B non sarebbe nord 75° est, ma nord $75^\circ - 16 \frac{1}{2}$ est, cioè di nord $75^\circ, \frac{1}{2}$ est. Questa correzione è indispensabile, quantunque da alcuni geologi venga tralasciata.

22. Inclinazione degli strati. — L'*inclinazione* d'uno strato è l'angolo che il suo piano fa coll'orizzonte, ossia l'angolo che fa coll'orizzonte una retta esistente nel piano di esso e perpendicolare alla retta indicante la sua direzione. Perciò il punto dell'orizzonte verso cui s'inclinano

gli strati dista sempre di 90° dal punto verso cui sono diretti. Per prender questa misura, la bussola da geologo ha appeso nel centro un pendolino metallico, il quale può segnare dei gradi sopra un semicerchio posto concentricamente al cerchio graduato per le direzioni, e che ha nel mezzo lo zero, e lateralmente 90 gradi per parte. Appoggiando la bussola, pel suo appendice *a b* (fig. 3), sul piano d'una faccia dello strato, secondo una retta perpendicolare alla sua direzione, si ha l'inclinazione dello strato segnata immediatamente dal pendolino. Nella nostra figura la inclinazione della retta *AB* sarebbe di circa 53° . Altri istrumenti furono proposti per misurare la direzione e l'inclinazione degli strati; ma molto complessi o troppo voluminosi, e quasi mai preferibili alla bussola descritta.

La direzione va sempre misurata più esattamente che sia possibile; l'inclinazione può esser valutata anche approssimativamente, variando molto da un luogo all'altro del medesimo strato.

Accade spesso di dover giudicare dell'inclinazione e della direzione di strati collocati in guisa che non si possano veder che da lungi. Allora è sempre necessaria la precauzione di osservare le balze non solo di fronte ma anche di profilo, per non cader in errore.

Così il promontorio rappresentato dalla figura 4, veduto dal mare, potrebbe sembrare composto di strati orizzontali,



Fig. 4.

mentre, veduto da terra, si trova formato di strati molto inclinati.

23. Ripiegamenti e contorcimenti. — Gli strati non sono sempre piani, ma anzi presentano spesso dei ripiegamenti e dei contorcimenti, i quali formano talora linee curve nello spaccato (fig. 5), e talora linee a zig zag, come avviene

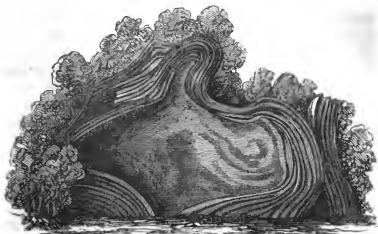


Fig. 5. — Strati contorti di faniti nei monti presso Livorno.

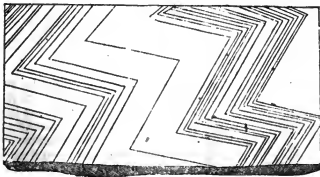


Fig. 6.

Stratificazione a zig zag negli strati carboniferi di Mons in Francia.

di frequente nei sedimenti che contengono il carbon fossile (fig. 6). Anche di questi contorcimenti, frequentissimi

in ogni catena montuosa, si deve tener nota sempre, a fine di poter ordinare le idee sulla stratificazione generale della contrada visitata.

Per ispiegare il contorcimento degli strati, Hall prese dell'argilla, la dispose in molti straterelli, che coprì con un gran peso e compresse ai lati con molta forza; e dopo li trovò ricurvati e ripiegati come gli strati in natura. Altri compressero delle pezze di stoffa nel modo medesimo ed ottennero dei contorcimenti analoghi. Sembrerebbe quindi che, se non sempre, almeno molte volte, i ripiegamenti degli strati abbiano avuto origine dalla pressione esercitata dagli strati soprastanti e laterali, e da forze estranee che abbiano agito dal basso in alto, o lateralmente.

Di tutti gli accidenti indicati dovrebbe il geologo viaggiatore, secondo La Bèche, non solo far cenno nel giornale di viaggio, ma tenerne nota anche sulla carta geologica che va costruendo, col mezzo di segni particolari, proposti dallo stesso autore e rappresentati nella figura 7 (*).

24. Stratificazione concordante, discordante e trasgressiva. — La stratificazione è *concordante* o *discordante* secondo che gli strati deposti successivamente sono fra loro paralleli, oppure ad angolo. Così una serie di strati orizzontali sovrapposti gli uni agli altri regolarmente diconsi *concordanti*; se una serie di strati orizzontali è sovrapposta ad un'altra di strati inclinati, diconsi i primi *discordanti* con questi ultimi.

(*) Il segno *a* serve per indicare il punto verso cui s'inclinano gli strati e l'angolo della loro inclinazione; *b* l'inclinazione generale di strati ir-

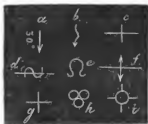


Fig. 7.

regolari; *c* gli strati verticali, la linea più lunga indicando la loro direzione; *d* gli strati contorti, ma con direzione palese, indicata dalla retta; *e* gli strati così irregolari da non sapersene la direzione e l'inclinazione; *f* la direzione della *linea anticlinale*, cioè di quella linea lungo la quale si piega uno strato inclinandosi in verso opposto dalle due bande; *g* gli strati orizzontali; *h* le rocce massicce, non istratificate; *i* le rocce massicce divise in prismi, come i basalti.

Dicesi *stratificazione trasgressiva* quando in un seguito di colline o di montagne si osserva una data roccia esistere in un luogo e mancare in un altro, poi ricomparire ancora più da lungi, ma sempre collocata sulla stessa roccia, la quale rimane a nudo quando manca la prima. Il marmo maiolica in Lombardia sembra porgere un esempio di questa specie di stratificazione, giacchè qua e là si osserva sul calcareo rosso che di solito lo sostiene, ed in altri luoghi è mancante, lasciando a nudo il calcareo rosso. Altro esempio si ha nella Val Taleggio (fig. 8), in cui le cime più alte



Fig. 8. — Spaccato trasversale della Val Taleggio (Val Brembana).

dei monti laterali offrono la dolomia collocata sulle marne carboniose, le quali rimangono allo scoperto nelle colline poste nel centro della valle.

25. Denudazione. — La stratificazione trasgressiva può aver origine dall'abrasione di un sedimento in certi luoghi per opera di acque, e ciò dicesi *denudazione*. Questo trasporto delle rocce per opera dell'acqua può metter talora a pericolo d'errare il geologo osservatore. Così se gli strati ripiegati come nella figura 9 A vengono corrosi in



Fig. 9.

modo da ridursi come in B, il geologo dovrà osservarne ben attentamente la composizione prima di decidere della loro vera sovrapposizione.

26. Spostamenti o salti o rigetti. — Fra gli accidenti più importanti e più comuni delle stratificazioni accenneremo anche gli *spostamenti* o *salti* o *rigetti* (*failles* in francese), che sono il risultato del frangersi degli strati trasversalmente e dello scorrere l'una sull'altra le parti

distaccate in modo da non trovarsi più in corrispondenza. Frequentissimi esempi ne abbiamo nelle Alpi, negli Appennini e nelle loro appendici.

Tra questi notevole è lo spaccato naturale presso Almenno (fig. 10) perchè offre anche dei ripiegamenti piuttosto

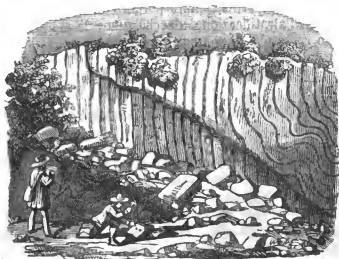


Fig. 10. — Spaccato naturale presso Caratti, frazione d'Almenno, al principio della Val Brembana.

belli, e perchè il salto riesce oltremodo visibile. Un altro spaccato naturale tra Varenna e Bellano è molto importante perchè presenta molti contorcimenti fra due rigetti e perchè facilissimo a vedersi, trovandosi lungo la strada militare che conduce da Lecco allo Stelvio.

I rigetti ripetuti ponno esser causa di errore, come i ripiegamenti e le denudazioni. Così se quattro strati sovrapposti 1, 2, 3, 4 (fig. 11 A) furono, per l'azione di tre

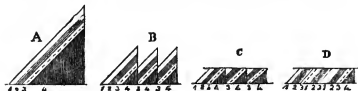


Fig. 11.

spostamenti, ridotti come in B, e poi qualche azione corrosiva ne levò le parti sporgenti in modo da ridurli come in C, allora sarà facile, se non si scopre l'esistenza degli spostamenti, supporre che quelli siano strati alternanti, e farne lo spaccato come in D, il quale sarebbe totalmente erroneo. Vedesi da ciò la necessità e nello stesso tempo la difficoltà di osservar bene in Geologia; giacchè non sempre gli accidenti della stratificazione riescono chiaramente visibili, e spesso non si possono scoprire che per induzioni e congetture.

E qui, a proposito di tutte le osservazioni relative agli strati, potremmo dare almeno qualche esempio dell'utilità della Geometria elementare, della Trigonometria e della Geometria descrittiva per lo studio di siffatti fenomeni geologici; ma lo spazio non permettendocelo, lasceremo che ciascuno li trovi in altri libri e in pratica.

27. Filoni. — Quando le spaccature degli strati vengono riempite da qualche minerale o da qualche roccia, in qualunque modo ciò avvenga, si dice essersi formato un *filone*. Un filone è quindi un ammasso di sostanze minerali, terminato da due piani, e che in generale attraversa gli strati formati da rocce o sostanze differenti. In quest'ultimo caso si riconoscono facilmente i filoni per la diversa natura della roccia che li compongono da quella che lo contengono; ma talora si danno filoni in rocce di natura eguale alla loro, ed in tal caso non si hanno caratteri per distinguere il filone se non nella diversa tessitura ed apparenza delle due rocce. In ogni paese v'ha esempi di filoni quasi di tutte sorta di rocce (*).

(*) Nell'Italia superiore ve ne sono moltissimi, ma in generale non abbiamo figure abbastanza esatte. Così a Viconago trovansi dei filoni di galena argentifera nello steachisto; lungo il lago Maggiore si vedono copiosi filoni, principalmente sulla riva sinistra, di amfibolite, diorite, ecc., che attraversano i gneiss e micascisti granatiferi: e fra questi merita speciale menzione un filone di diallagio nel gneiss fra Brissago e Canobbio, sopra la Madonna di Porbetto, lungo le cui pareti di contatto col gneiss trovansi copiosi cristalli di amfibola diretti tutti verso il centro del filone; la descrizione dettagliata del quale la dobbiamo alle osserva-

Anche i filoni hanno i loro spostamenti, i quali servono ad indicarne l'età relativa: così nella figura 12 il filone *a* è il più antico perchè venne smosso e rotto dal filone *b*, e questo venne attraversato dal filone *c*, il quale perciò è il più moderno.

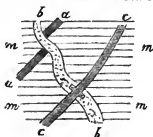


Fig. 12.

Talora i filoni terminano alla superficie del suolo in ammassi, oppure le loro materie s'introducono fra gli strati e danno

origine ad ammassi che hanno l'apparenza di strati e che in Geologia sono detti appunto *filoni-strati* (fig. 13). Altre volte le sostanze dei filoni, compresse mentre erano ancora pastose, produssero dei nuclei in forma di mandorla. E

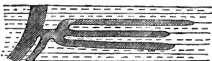


Fig. 13.

tanto dei filoni-strati come di questi nuclei si hanno frequenti esempi nelle valli scoscese delle rive del lago Maggiore.

Annovereremo qui anche le fessure del suolo riempite dall'esterno, che solo fino a un certo punto simulano i filoni, e gli ammassi intrecciati da molte vene o piccoli filoni detti *stockwerk* dai minatori tedeschi.

28. Varie specie di valli. — Le principali specie di valli distinte dai geologi sono le otto seguenti:

1. Valli di laceramento, d'allontanamento o di dislocazione, prodotte dal fendersi degli strati e dall'allontanarsi dei lembi della rottura, e compite poi dalla corrosione delle acque (fig. 14). Hanno per carattere la corrispondenza esatta degli strati ai due lati



Fig. 14.

zioni del professor Balsamo. Nel Vicentino poi esistono filoni ed ammassi di basalti prismatici analoghi a quelli di Francia e Scozia; e nel Tirolo filoni ed ammassi di granito nel granito stesso, nel gneiss, ecc., e perfino sovrapposti al calcareo bianco saccaroide.

e degli angoli salienti e rientranti dei loro fianchi: ne è esempio la valle del lago di Como.

2. *Valli di spostamento*, prodotte dalla stessa causa delle precedenti, ma con spostamento degli strati, per lo che questi non si corrispondono più nei due lati della valle (fig. 15). Ne sono esempi quasi tutte le valli perpendicolari all'asse generale delle Alpi.



Fig. 15. — Spaccato trasversale della Val Serina (Val Brembana).

3. *Valli d'elevazione o di sollevamento*, nelle quali gli strati sollevati in un punto solo da una roccia eruttata a guisa di lava formano come un circo (fig. 16). Molti crateri vulcanici formano una tal sorta di valli.

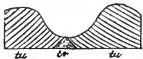


Fig. 16.

4. *Valli di sprofondamento*, cagionate dallo sprofondarsi del suolo a motivo di cavità sotterranee; esempio è la valle del Bove all'Etna.

5. *Valli di ripiegamento, o d'inflessione, o d'increspamento*, prodotte dall'incurvarsi degli strati: del qual modo di formazione delle valli ce ne offre copiosi esempi la catena del Giura.

6. *Valli di corrosione*, prodotte dall'azione corrosiva delle acque nei terreni mobili; esempi ne sono gli alvei dei fiumi attuali.

7. *Valli di denudazione*, quando le rocce non sono né sollevate, né sconvolte, ma solo in parte asportate dalle acque; ed un esempio ne offrono forse parecchie delle valli alpine della Lombardia superiore.

8. *Valli per riflusso*, prodotte dalle acque correnti che rigettano ai lati i materiali che trasportano, costruendo così delle collinette allungate, le quali vengono quindi a comprendere una specie di valle (fig. 17).



Fig. 17.

29. Caverne. — Aggiungeremo, quasi a mo' di appendice, poche parole sulle caverne. Si trovano esse quasi in ogni terreno, principalmente nei calcarei ed in alcuni di origine vulcanica; ed offrono sempre forme irregolarissime, condotti, cale, corritoi, pozzi, precipizii, colle pareti, la volta e il suolo ricoperti d'incrostazioni; e quasi sempre servono di scolo o di serbatoio ad acque piovane, contengono ruscelli, laghetti, ecc. Anche nei terreni vulcanici non presentano mai tali forme che le facciano somigliare ad ampie bolle di gas imprigionate entro masse pastose o liquide; sempre invece offrono tracce di fessure, di strati sconvolti: fatti questi che hanno molta importanza nella ricerca della loro origine. Aggiungerò, quali esempi di caverne, i disegni (fig. 18 e 19) di due grotte oggidì famose in Lombardia per la loro ampiezza e per gli ossami fossili che già si trovarono in una, e che, secondo alcuni, si potranno forse trovare anche nella seconda (*).

Alcune grotte, fatte in modo da ricevere nell'inverno l'aria più fredda e conservarla nella state, e da servire ben anche di serbatoio di acque piovane, offrono il singolare fenomeno di formare delle ghiacciaie naturali; un esempio ne abbiamo fra noi sul monte Còdeno in Valsassina.

30. Carte geologiche e spaccati geologici. — Avremmo considerato dire molte cose sulla costruzione di queste sorta di disegni, oramai divenuti indispensabili in Geologia, mostrando altresì come si possa valersi spesso di molte nozioni di Fisica, Geometria, Geodesia, Trigonometria, per misurare le altezze, trovare le direzioni e le inclinazioni di strati sotterranei o di strati di cui non si abbiano spaccati naturali adattati, quando si abbiano due spaccati naturali visibili soltanto da lontano, ecc. Ma non permettendolo lo spazio, ne diremo soltanto poche parole.

Le carte che servono in Geologia si dicono *geognostiche* quando indicano soltanto la natura litologica del suolo: *geologiche* quando indicano anche le epoche geologiche alle quali le rocce di quel suolo appartengono. Altrettanto dicasi degli *spaccati*. Vediamo come si costruiscano.

(*) Nel pubblicare ridotti così i principali fra gli spaccati che ne feci nell'ottobre del 1849, debbo ringraziare ancora il mio buon amico Enrico Regali, che m'aiutò con somma pazienza nel visitare e misurare quelle caverne.

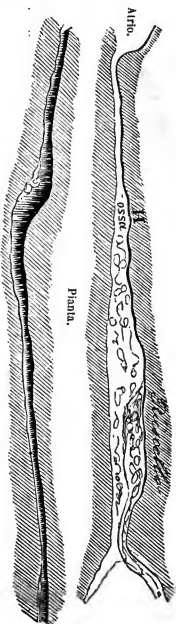


Fig. 18. — *Pianta e spaccato del Buco dell'Orso sopra Torrignia, sul lago di Como.*

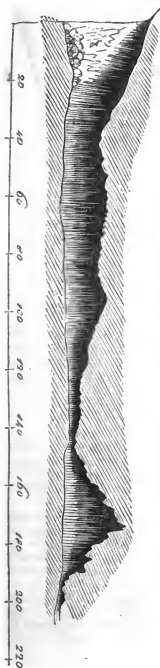


Fig. 19. — *Spaccato longitudinale del Buco del Piombo presso Erba.*

Scala in metri.

Supponiamo che un viaggiatore vada dal villaggio B (fig. 20) al villaggio A, per la strada BA, e trovi il suolo, sotto il terreno vegetale, com-

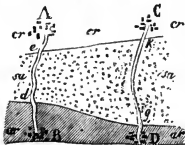


Fig. 20.

posto d'argilla fino in *d*, da *d* ad *e* di sabbia, da *e* ad *A* di creta bianca; poi passi dal villaggio C a quello in D, e trovi da C a *k* della creta, da *k* fino a *g* della sabbia, da *g* fino a D dell'argilla; potrà allora condurre delle linee *d g*, *e k*, le quali gli indicheranno presso a poco i confini fra le varie rocce; colorando poi in modo diverso quelle tre zone che ne risultano, avrà uno schizzo approssimativo della composizione

del suolo fra quei quattro villaggi, che potrà correggere e perfezionare col determinare altri punti delle linee *d g* ed *e k*. Così avrà fatta una carta *geognostica* di quel tratto di paese: che se in appresso trova le epoche di quel varii sedimenti, e le indica su quello schizzo, avrà allora anche una carta *geologica*.
Se in oltre avrà osservati nelle fessure, nei tagli per le strade, nelle cave, ecc., alcuni *spaccati naturali*, potrà averne disegnato sul suo portafogli una serie regolare, in modo che, combinandoli fra loro opportunamente, gli sarà possibile cavarne uno *spaccato generale teorico* della contrada visitata. Il quale spaccato teorico, fatto in un piano perpendicolare alla direzione degli strati di quel depositi, darà un'idea chiara della loro sovrapposizione e dell'inclinazione dei loro strati. Così nello spaccato disegnato nella figura 21 vedesi chiaramente la creta sprofondarsi sotto l'argilla, e questa sottoposta per lungo tratto alla sabbia, e sempre appoggiata sulla creta.



Fig. 21.

Questo è il metodo generale per la costruzione delle carte e degli spaccati geologici; nel quale però talora incontransi gravi difficoltà, a motivo del non poter spesso osservare abbastanza bene, del piccol numero di luoghi ove le rocce sieno visibili a nudo, degli sconvolgimenti degli strati, ecc.

Aggiungeremo l'avvertimento di far sempre, o almeno tutte le volte che sarà possibile, degli *spaccati proporzionali*, nei quali, cioè, le altezze e le lunghezze orizzontali sieno costrutte sulla medesima scala, a fine di dar un'idea esatta delle ineguaglianze del suolo, della potenza degli strati, della loro inclinazione, ecc. La figura 22 offre un esempio del diverso effetto di due spaccati del medesimo paese, l'uno proporzionale, l'altro no. A è lo spaccato proporzionale delle Valli Imagna, Taleggio e Stabina, facenti parte della Val Brembana, da nord a sud; B è lo stesso esagerato, colla scala delle altezze appena tripla di quella delle lunghezze. La spiegazione dei numeri si darà nella descrizione dei terreni.

Un tale avvertimento ha bisogno ancora d'essere inculcato, perchè vi sono dei geologi i quali, troppo imbevuti di antiche massime, fanno ancora degli spaccati che sono vere caricature.

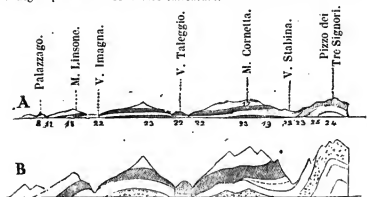


Fig. 22.

FENOMENI ATTUALI

31. Cause che modificano la superficie del globo. —

« Per conoscere, dice il Pilla, l'origine delle materie che compongono il globo, le cause che le disposero in quella forma che hanno, i fenomeni che accompagnarono la loro formazione, gli esseri in fine che in quei tempi erano in vita, è mestieri innanzi studiare bene tutto ciò che ora succede ed esiste sulla terra per rispetto a tali quistioni. »

Tali fenomeni, che dipendono dall'aria, dall'acqua, dalle orze interne che producono i terremoti, i vulcani, i sollevamenti continentali, i soffioni, ecc., e dai corpi viventi, formeranno altrettanti argomenti che verremo trattando nell'ordine con cui ora li abbiamo accennati.

Azione dell'atmosfera.

32. **Azione chimica dell'aria.** — L'aria opera ora chimicamente ed ora meccanicamente, superando l'azione chimica di gran lunga la meccanica.

Non v'ha chi ignori che tutte le sostanze, anche le più dure, esposte all'aria e alle intemperie, si alterano in maggiore o minor tempo dalla superficie verso il centro. « E diffatti, diceva lo Spallanzani, sanno bene i litologi che, a portare sicuro giudizio delle pietre che essi prendono ad esaminare conviene non arrestarsi su quelle ritrovate a fior di terra, ma su quelle che a qualche profondità si disseppelliscono, e che frequentemente devono rompere a viva forza e svellere dagli interni massi con cui sono continuate. »

Il granito sul quale è edificata una parte delle antiche mura di Messina presenta un tritume di felspato in parte terrificato, smovendo il quale si trovano quasi intatti i grani di quarzo e di mica. Ma senza andar fin là abbiamo fra noi numerosi esempi dell'azione distruttrice dell'aria nelle aguglie e nei frastagli dei monti di dolomia e nei ciottoli di serpentino e di granito alterati e ridotti i primi in una massa fragile di color di ruggine, i secondi in sostanze quasi terrose. Notevole poi è l'alterazione dei graniti in certi luoghi, ove produce spesso dei massi in forma di lenti e di sfere, che sembrano continuamente minacciare la caduta (fig. 23). Una più completa alterazione delle rocce



Fig. 23. — Granito dell'Elba a masse sferoidali.

formate di silicati dà origine al caolino ed alle varie sorta d'argilla; del che se n'ha esempi numerosi quasi in ogni valle. Le rocce più resistenti sono quelle più ricche di quarzo.

33. Azione meccanica. — L'aria in movimento, ossia il vento, esercita la sua azione sulle sabbie fine e incoerenti che coprono vaste pianure e le spiagge del mare. A tutti sono noti i tremendi effetti del vento pel trasporto delle sabbie infuocate dei deserti. Fenomeno più comune e non senza danni è quello della formazione e del trasporto delle *dune*, dette anche *tomboli*, lungo le spiagge del mare. Sono esse lunghe colline o lunghe strisce di monticelli di sabbia, trasportate ed accumulate dai venti marini, le quali bene spesso si avanzano con una certa velocità (talora di 20 metri ogni anno) verso l'interno delle terre, devastando campi, villaggi e città. Il quale avanzamento si può, se non arrestare, almeno ritardare, piantando sulle dune alcuni vegetabili che colle radici legano quasi la sabbia e colle loro foglie producono terra vegetabile, dando così principio alla vegetazione, la quale in ogni caso è uno dei principali agenti che si oppongono alle alterazioni ed agli sfasciamenti del suolo (*).

34. Folgoriti. — Il fulmine cadendo sulle vette dei monti può produrre spaccature e frane anche considerevoli, e può anche spesso lasciar tracce di fusione nei luoghi da lui tocchi. Ne sono un esempio certi tubi a pareti fuse prodotti dal fulmine nelle pianure sabbiose della Germania, detti *folgoriti*.

Azione distruttiva dell'acqua.

35. Le acque disciolgono o portan via da un luogo delle sostanze che lasciano deporsi altrove; esse rompono, forano, fanno rovinare in alcuni luoghi le rocce, nel mentre che in altri agglutinano insieme i frammenti disgiunti, riempiendo le valli e le fessure e coprendo di sedimenti il fondo dei laghi e dei mari; ed ecco il doppio aspetto sotto cui deve considerarsi l'azione dell'acqua, cioè l'azione distruttiva e l'azione produttiva.

(*) I vegetabili più convenienti sono della famiglia delle graminacee, e specialmente l'*arundo arenacea* e l'*elymus arenaceus*.

36. Azione dissolvente. — L'acqua più o meno pura può disciogliere molte sostanze direttamente solubili, come il sal marino, i solfati di soda, di magnesia, ecc.; e carica di acido carbonico può sciogliere altre sostanze, come il carbonato di calce. Così l'acqua, attraversando i sedimenti di sale, di solfati, o gli strati calcari, trae seco porzioni di quelle sostanze, le quali poi abbandona poco dopo, allorchè, giunta alla superficie del suolo, si evapora o perde l'acido carbonico che prima conteneva. In tal modo si formano i tufi e le stalattiti o colaticci. Il discioglimento del sale può talora, come osserva il Pilla, produrre dei vani sotterranei, e poscia degli scoscendimenti od avvallamenti anche considerevoli. La silice più o meno pura può essa pure venir disciolta in un luogo e deposta in un altro; il che avviene attualmente nel Geyser dell'Islanda, e sembra probabile che sia accaduto una volta nei colli Euganei.

37. Azione stemperante. — Per la sua facoltà stemperante l'acqua rammollisce e stempera anche le materie insolubili; e ciò avviene specialmente delle argille che, ridotte in poltiglia, danno spesso origine a tremendi disastri nei luoghi montuosi. In tal modo (per citare soltanto qualche fatto a noi più vicino, e tralasciando quindi di parlare dello scoscendimento del monte Rossberg nella Svizzera) avvennero le frane per cui rovinarono i villaggi di Gero e Barcone in Valsässina nel 1777, il piccolo avvallamento che mise lo spavento negli abitanti di Limonta nel 1844, il seppellimento del borgo di Piuro presso Chiavenna nel 1618 per la caduta d'una parte del monte Conto, e la frana d'una parte del monte Suppezza sopra Gragnano presso Napoli nel gennaio del 1844. In tutti questi casi, come nella frana del Rossberg, avvenne che qualche strato d'argilla, imbevutosi d'acqua per lunghe piogge, cessasse di sostenere e lasciasse quindi sdrucchiolare al basso gli strati che sosteneva.

38. Gelo e disgelo. — L'acqua che in estate entra nelle piccole fessure e nei pori delle rocce, gelando nell'inverno, allarga le fessure già fatte e ne produce di nuove, e tende continuamente a far rovinare anche le più grandi masse di

monti. Da ciò deriva che in primavera le valli e i monti trovansi avere bene spesso un aspetto assai diverso che nell'autunno precedente, a cagione delle numerose frane e rovine che vi avvengono tanto nell'inverno, per il gelo dell'acqua, quanto in primavera, allorchè il ghiaccio, sciogliendosi, non tiene più unite le varie parti che prima ha fatto screpolare e lascia poi cadere in frantumi.

39. Ghiacciai. — L'acqua nel suo gelare non produce soltanto i fenomeni anzidetti, ma dà origine ad altri, molto importanti per le conseguenze che se ne cavano per la storia della terra; voglio dire i fenomeni che si osservano nei ghiacciai e nei ghiacci polari.

È difficile, dice Agassiz, farsi una giusta idea dei ghiacciai quando non se ne sono mai veduti; ed anche quando non si son visti abbastanza da vicino, si è ben lungi dal comprenderne il meccanismo. Sono essi immense masse di ghiaccio incassate nelle valli alpine, le quali, vedute da lontano, sembrano lunghe strisce o correnti di neve che, dopo aver fatto parte del manto di neve perpetua che riveste le più alte sommità, se ne dipartono e discendono nelle valli inferiori, fra i monti spesso coperti di folti boschi d'alberi a foglie acuminate o d'altre alpine vegetazioni, e colà terminano dando origine a ruscelli d'acqua biancastra e d'apparenza lattiginosa (*).

Secondo Ebel, si trovano nelle Alpi, dal monte Bianco al Tirolo, 400 ghiacciaie, che offrono, in totale, una lunghezza media di 3 a 4 miriametri ed una larghezza di 3 a 4 chilometri. La superficie totale dei ghiacciai delle Alpi, comprendendovi quelle del Tirolo e del Delfinato, sembra debba essere di 50 a 70 miriametri quadrati; immenso serbatoio d'acqua che alimenta il Po, il Rodano, il Reno, l'Inn, ecc.

Tutti i ghiacciai si possono distinguere in *ghiacciai di primo ordine*, che trovansi nelle valli dominate da alture, hanno una pendenza di 3 a 10°, si formano dove le valli

(*) Fra i molti autori che trattarono dei ghiacciai citeremo come i più importanti Agassiz (*Études sur les glaciers e Système glaciaire*) e Charpentier (*Essai sur les glaciers*).

cominciano in alto con un circo o fondo piano, in cui si possono accumulare le nevi in grande quantità; e *ghiacciai di secondo ordine*, che trovansi sulle pianure delle alte sommità, possono essere inclinati sino a 45° ed anche 50°, e si formano dovunque si abbia un freddo bastevole per congelar l'acqua, senza che punto v'influisca la forma delle montagne.

Ogni ghiacciaio si può dividere in tre parti, che sono: il *campo di nevaio*, sopra i circhi sino alle cime, il *nevaio*, nel circo, ed il *ghiacciaio vero*, nella valle sotto il circo.

La materia prima dei ghiacciai è la neve. Essa ha varie forme come in pianura; è semplice e secca coi venti freddi, a fiocchi coi venti caldi. Forma tutto il *campo di nevaio* (*haut-névé* di alcuni francesi, *firn* dei tedeschi), che copre le alte sommità fino ai circhi ed al principio delle valli; ed è sempre incoerente, massimamente sulle più alte cime.

Quando quella neve si scioglie in parte pel calore del sole durante le belle giornate, il restante s'imbeve dell'acqua prodotta, come succede in pianura, e forma il *nevaio*. Ciò però non avviene quando l'acqua è soverchia; e quando si effettua è accompagnata da un generale stivamento della massa. Congelandosi poi il *nevaio*, si cangia in ghiaccio opaco, granoso, detto *ghiaccio del nevaio*, che esiste soltanto verso la superficie e si muta a poco a poco in ghiaccio sempre più compatto. Questo ghiaccio contiene innumerevoli bollicole d'aria presso la sua origine; mano mano che se ne allontana, le perde a poco a poco e si riempie di numerosissime fessure capillari. Queste attraversano tutta la massa del ghiaccio, la dividono talora in frammenti angolosi, e non devono confondersi colle fessure superficiali. Quanto più il ghiaccio è discosto dal *nevaio* e si avvicina al termine inferiore del ghiacciaio, tanto più riesce compatto, denso, povero di fessure e trasparente. Quelle fessure capillari sono canali essenziali per la filtrazione dell'acqua. Le bolle d'aria sono subrotonde nelle parti superiori del ghiaccio, piane nelle inferiori, e, come anche le fessure, fanno sì che ogni frammento di ghiaccio

possa muoversi nell'interno del ghiacciaio indipendentemente dal moto di questo; per il che il ghiacciaio stesso può considerarsi come composto di particelle incoerenti, e consimile ad una massa semifluida.

Mentre in basso il ghiacciaio è in continua perdita per lo scioglimento del ghiaccio, acquista nelle parti superiori sempre nuovo materiale per la caduta delle nevi e delle piogge e per la trasformazione della neve in nevaio e del nevaio in ghiaccio. Una circostanza che influisce assai sulla massa del ghiacciaio è l'umidità dell'atmosfera; quando questa è secca, il ghiaccio si evapora senza passare allo stato liquido; quando invece è umida, il ghiacciaio condensa i vapori acquei ed aumenta. Per ciò nelle estati fredde, umide e piovose, la produzione di ghiaccio è maggiore della distruzione, e la differenza è ancora maggiore se cotali estati seguono ad inverni abbondanti in neve. Quando al contrario le estati sono calde e secche, e tengon dietro ad inverni scarsi di neve, è maggiore la distruzione di ghiaccio che la produzione. Nelle estati fredde, umide e piovose i ghiacciai aumentano quindi in volume, e il loro limite inferiore discende nelle vallate; in quelle calde e secche diminuiscono in volume, e il loro limite inferiore ascende, lasciando allo scoperto porzione del fondo della valle. Avviene talvolta che di due ghiacciai vicini l'uno aumenti e l'altro diminuisca: ciò si osserva quando l'uno è difeso, per mezzo di alte creste montuose, dai venti che vi potrebbero apportare la neve in abbondanza, ed aperto ai venti caldi ed all'azione del sole; e l'altro invece è aperto ai venti che apportano la neve dalle vicine montagne, difeso dai venti caldi e non esposto ai raggi del sole.

Lo spessore del ghiaccio varia moltissimo, e giunge anche a 100, 200 e più metri. L'acqua che n' esce è per la maggior parte prodotta dalla fusione superficiale, la quale riesce più abbondante nei tempi secchi e caldi, meno nei tempi freddi, umidi, piovosi o nevosi. Essa si raccoglie spesso in particolari cavità del ghiacciaio; ma in gran parte

lo inzuppa come una spugna, potendo in tal modo alimentare i ruscelli anche quando la fusione è cessata o diminuita.

La temperatura interna dei ghiacciai è quasi invariabile nell'estate, e sta verso lo zero. È probabile che il fondo non sia mai aderente alla roccia.

Fu dubitato assai se i ghiacciai sieno stratificati o no; ora Agassiz provò l'affermativa. I ghiacciai sono realmente stratificati in ogni loro parte, dai nevai sino ai limiti inferiori, e gli strati sono quasi sempre rialzati verso la valle, e quindi inclinati verso l'origine del ghiacciaio. Le linee d'affioramento degli strati presso l'origine del ghiacciaio sono trasversali; più in basso si foggiano ad arco colla convessità diretta verso il basso. Quando s'incontrano due o più ghiacciai quelle linee si fanno più irregolari, per la reciproca pressione dei ghiacciai si piegano a zig zag, e talora divengono anche longitudinali. L'inclinazione degli strati varia nei diversi luoghi; sono quasi orizzontali nel nevaio, alquanto inclinati all'origine del ghiacciaio, si fanno poi quasi verticali, ed in fine tornano meno inclinati mano mano che si avvicinano all'estremità del ghiacciaio. Gli strati sono riconoscibili all'esterno per certe strisce più oscure del restante ghiaccio, senza contorni precisi, e talora anche contenenti ghiaia o sabbia fina. I loro piani di contatto sono i condotti naturali pei quali l'acqua penetra in tutte le parti del ghiacciaio. Essa, congelandovisi, forma dei filoni di ghiaccio azzurro, che divengono poi altrettanti punti di partenza d'altre strisce azzurre che s'internano nel ghiaccio.

La superficie dei ghiacciai non è mai un piano uniforme e continuo, ma è spesso interrotto da numerosi crepacci di varie dimensioni. Si formano essi dando forti scoppii, analoghi talora ai colpi di cannone; hanno una larghezza oltremodo variabile, da meno d'un millimetro a cinque, nove e più metri. In generale succedono trasversalmente alla direzione del ghiacciaio, si dispongono a raggi là dove il ghiacciaio cangia direzione, e sono per lo più prodotti

dall'incontrare il ghiacciaio un qualche promontorio nelle pareti o nel fondo della valle, od un risvolto di questa. I crepacci longitudinali si formano quando il ghiacciaio si spande in un piano più largo del fondo della valle da cui esce. Nelle parti inferiori dei ghiacciai i crepacci sono quasi sempre abbondanti oltremodo e larghi, e le parti intermedie vengono alterate in mille guise dal caldo, dal vento, dalle piogge; per il che la superficie del ghiacciaio è ridotta ad una riunione d'infiniti rialzi che hanno forme di monti, di colline, di aguglie, ecc.

Quando un crepaccio non giunge al fondo del ghiacciaio e non comunica con altri crepacci, si riempie facilmente d'acqua, la quale ne allarga l'apertura in modo da formare degl'imbuti, che i montanari francesi chiamano *gouilles*, e che possono aver luogo, anche senza il crepaccio, per una piccola depressione del ghiaccio nella quale si fermi un po' d'acqua. I crepacci in generale non si riempiono di neve, ma questa li ricopre soltanto e nasconde a mo' di ponte.

Fenomeno singolare e molto importante è la produzione delle *morene* o *more* (*moraines* in fr., *gandeecke* o *gletscher-gande* in ted.). Sono ammassi di rottami e massi di varie dimensioni delle rocce che formano i monti fra cui sono incassati i ghiacciai. Hanno quasi sempre la forma di argini e scorrono lungo i fianchi d'ogni ghiacciaio, fra i suoi lembi e le pareti della valle. In questo caso diconsi *morene laterali*; quando invece trovansi al termine d'un ghiacciaio diconsi *frontali* o *terminali*. Quando poi due ghiacciai vengono ad incontrarsi e, uniti, ne formano uno composto, le due morene laterali, che vengono pure ad incontrarsi, proseguono la loro via, formando una striscia alla superficie del ghiacciaio composto, sino alla sua fine, indicando così la linea di unione dei due componenti; questa morena dicesi *superficiale* o *mediana*, ed ha anch'essa la forma di un argine o di due argini paralleli. Avviene spesso che in una vallata principale si incontrino tre, quattro e più ghiacciai provenienti da vallate laterali,

ed in allora si riconoscono su tutta l'estensione del ghiacciaio composto i singoli componenti per le continue strisce delle morene superficiali che scorrono per tutta la sua lunghezza con somma regolarità.

Quando un ghiacciaio diminuisce di estensione e lascia allo scoperto una parte del fondo della valle che dapprima copriva, le morene frontali e laterali rimangono al lor posto, e possono indicare sino a qual punto era dapprima esteso il ghiacciaio. Altre volte le morene si sfasciano, e i massi rimangono sparsi irregolarmente, formando il così detto *fondo del ghiacciaio* (*fond du glacier* in fr., *gletscherboden* in ted.).

Le morene superficiali, difendendo il ghiaccio sottoposto dall'azione calorifica del sole, rimangono sostenute da un rialzo del medesimo ghiaccio, il quale forma quasi un piedestallo alla morena stessa. Ciò avviene anche pei grossi massi sparsi sul ghiaccio, ed allora diconsi *tavole*, *funghi del ghiacciaio*, ecc.

Le morene laterali mancano di rado, le frontali non si trovano che là dove il ghiacciaio termina in una superficie poco inclinata. Quando invece termina sopra un pendio molto ripido, i massi non vi possono star fermi, e appena vi sono giunti ne cadono e non formano quindi alcuna morena; il ghiaccio invece vi si sostiene per la sua coesione colla roccia che gli sta sotto. Ne offrono esempi i ghiacciai che si vedono passando il monte Sempione, quello che discende dal monte Rosa nella valle Macugnaga, altri nella valle della Viège (Visp) nel Vallese, ecc.

Avviene spesso che all'estremità inferiore dei ghiacciai vedansi le morene superficiali spargersi e confondersi insieme, formando dei mucchi irregolari, o coprendo d'uno straterello di ghiaia e ciottoli tutta la superficie del ghiaccio in modo da mascherarlo; il che si vede ne' varii ghiacciai del monte Rosa. Celebri poi sono, per le loro regolarissime morene laterali e superficiali, gli stessi ghiacciai del monte Rosa (specialmente quello di Zermatt (fig. 24), quelli da cui ha origine il Rodano nell'alto Vallese, ecc. Fu

in questi del Vallese che si fece il maggior numero d'osservazioni e si studiarono i fenomeni di cui discorriamo.

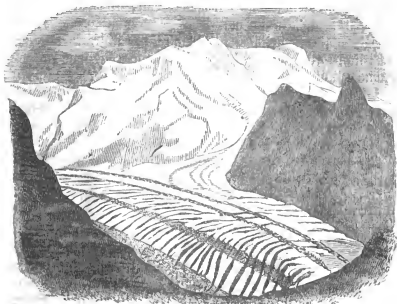


Fig. 24. — Parte superiore del ghiacciaio di Zermatt (*).

Quando un ruscello, scendendo dai monti, viene a gettare le sue acque al fianco d'un ghiacciaio, i frammenti che esso trasporta vengono ad unirsi a quelli della morena laterale del ghiacciaio; ma spesso si fermano allo sbocco e si dispongono in istrati insieme con quelli della morena, e formano così delle alluvioni che differiscono dalle ordinarie per la forma angolosa dei rottami. Charpentier le chiama *alluvioni glaciari*.

I ghiacciai col loro lentissimo moto progressivo di discesa, del quale diremo tra poco, oltre a trasportar seco le morene laterali e superficiali, producono varii effetti notevoli sulle pareti e sul fondo della valle; rompono cioè le

(*) In questa figura, che rappresenta un ghiacciaio composto, vedonsi le lunghe strisce formate dalle morene superficiali, i crepacci trasversali, e nel mezzo la riunione di due ghiacciai e le due morene laterali che si uniscono e formano una morena superficiale.

rocce, rigano e lisciano il fondo e le pareti della valle. Questi fatti si osservano in molti luoghi ove i ghiacciai in altri tempi estendevansi più che oggidì; trovansi il fondo e le pareti della valle coi dossi arrotondati, colle rocce lisce e rigate nella sua direzione, per il tratto che sta fra i limiti attuali del ghiacciaio e le morene che ne segnano i limiti antichi.

Altre simili corrosioni, specialmente nei terreni calcari, sono prodotte dalle acque che passano attraverso al ghiacciaio, e servono similmente a far fede dell'antica presenza di ghiacciai nei luoghi ov'essi si osservano.

I ruscelli prodotti dai ghiacciai vedonsi spesso uscire di sotto ad essi da ampie aperture in forma di grotte o d'arcate; altre volte invece escono tra i frammenti di rocce che formano la morena terminale.

Abbiamo già accennato che i ghiacciai si muovono lentamente dall'alto al basso: di ciò si hanno non dubbie prove nella continua produzione di ghiaccio sotto al nevaio; nella distruzione delle parti inferiori del ghiacciaio, senza che abbia a cangiarne la lunghezza; nel trasporto delle pietre delle morene, ecc.; e tutti i montanari credono un tal moto come cosa certa. Per accertarsene di più e conoscerne meglio i particolari e le circostanze, i dotti si diedero a fare osservazioni un po' grossolane dapprima, poi con somma diligenza e precisione, usando di tutti i mezzi offerti dalla Geodesia e dalla Trigonometria (*); e i risultati furono molto interessanti. Eccone i principali.

Il moto progressivo del ghiacciaio è massimo nella regione media, e maggiore nelle regioni superiori che nelle

(*) • Il prof. Agassiz, dice il Collegno, aveva riconosciuto già nel 1840 che la capanna abitata nel 1827 dal prof. Hugi nel ghiacciaio del Lauteraar era discesa in tredici anni sino a 1530 metri dal luogo ov'era stata fabbricata, il che proverebbe che la ghiacciaia del Lauteraar progredisce di circa 110 metri all'anno. • Agassiz e i suoi compagni, che dall'anno 1841 al 45 fecero sul ghiacciaio dell'Aar esattissime osservazioni con tutti i mezzi usati dagli ingegneri nelle misure topografiche, trovarono la morena centrale percorrere 5,^m90 durante 26 giorni d'estate, 61,^m40 dal 4 settembre 1844 al 19 luglio 1845.

inferiori: anche diminuendo nell'inverno non cessa mai interamente; in autunno è il massimo e all'incirca doppio di quello sia in primavera, in inverno press'a poco eguale che in estate e minore che nell'autunno; nel centro è più uniforme che ai lati, dove va più soggetto alle variazioni diurne di temperatura. Tutto il ghiaccio tende a muoversi dal centro verso i lati ed a sollevarsi quindi lungo le pareti, dove la sua distruzione è maggiore per la fusione prodotta dal calore riverberato dalle rocce sul ghiaccio. La velocità è maggiore nel centro che ai lati; in generale è minore nei ghiacciai di second'ordine che in quelli di primo. Dallo studio delle stratificazioni risulta che la velocità delle parti più vicine al suolo della valle dev'essere maggiore di quello delle superficiali nella regione media del ghiacciaio, e minore invece nella regione inferiore; e questa deduzione teorica fu confermata dalle dirette osservazioni.

Da questi fatti e dal sapere che i ghiacciai di second'ordine sono più inclinati e meno grossi di quelli del primo, e che la progressione è maggiore presso al circo, ove lo spessore del ghiacciaio è maggiore, si deduce che la velocità del movimento de' ghiacciai dipende tanto dall'inclinazione del fondo quanto dallo spessore del ghiaccio, ma più dalla seconda circostanza che dalla prima. L'acqua deve concorrere a facilitare il moto del ghiacciaio in tre modi, cioè col suo peso, coll'inzuppare il ghiaccio e colla congelazione. La prima azione è minima, ma pure importante; la seconda è la più rilevante, rende plastico e compressibile il ghiaccio, aumenta la facilità del suo moto ed agisce in ogni stagione, anche nel verno, ma più che in altri tempi in primavera; la terza si osserva specialmente in primavera e quasi soltanto negli strati superficiali, e consiste in ciò che l'acqua penetra nel ghiaccio, e congelandosi si dilata, facendo dilatare tutta la massa di ghiaccio in cui è penetrata.

40. Teorie sul movimento del ghiacciai. — Le principali si fondano sullo sdruciolamento, sulla dilatazione e sulla semifluidità. Gruner, Saussure, Kuhn ed altri ammisero che il ghiacciaio si movesse lentamente

sdruciolando sul pendio della valle. Ma il moto dei ghiacciai non è proporzionale alla pendenza, e il fondo e le pareti della valle non sono così lisci da lasciar progredire regolarmente il ghiacciaio che sdruciolava; questa teoria non soddisfa alla spiegazione di tutti i fatti osservati. Scheuchzner, Biselx, Charpentier ed Agassiz (nelle prime sue opere soltanto) ammisero che, formandosi ogni giorno dell'acqua per lo scioglimento delle nevi, questa scendesse per le fessure capillari, si cangiasse in ghiaccio alla notte, e così, dilatandosi, producesse il moto del ghiacciaio. Ma anche questa teoria non spiega tutto; non è credibile che ogni notte geli l'acqua fluo nelle maggiori profondità, tanto più che in una notte d'estate non gela neppure l'acqua che trovasi fra il ghiaccio e la neve superficiale; inoltre non v'ha indizio alcuno di dilatazione nel ghiaccio anche dopo le notti più fredde, ed è solo in primavera che la congelazione dell'acqua produce effetti importanti. Nella ipotesi della semifluidità si considera un ghiacciaio come una massa vischiosa o semifluida che si muove a mo' delle correnti di lava. I ghiacciai presentano in fatti molte apparenze di una grande plasticità; basta osservare con quanta regolarità seguano gli accidenti della valle, girando i promontorii, estendendosi nelle gole o nelle anfrattuosità delle rive. Sausure aveva già intraveduta la plasticità dei ghiacciai; Rendu ha sostenuto che l'apparente plasticità dei ghiacciai è tale da permettere ai singoli frammenti di avere le particolarità d'un corpo rigido; Forbes vuol ammettere una vischiosità non apparente ma reale e di tutta la massa. Ma è vischioso un corpo che si rompe in frammenti angolosi, taglienti, che si fende con detonazioni, ecc.? Vi ha invero molta analogia fra i moti dei ghiacciai e quelli delle lave, ma non sono simili. Il ghiaccio, secondo Agassiz, non è liquido o vischioso, ma è un'agglomerazione di frammenti di ghiaccio, rigidi, avvicinati fra loro e resi mobili dall'introduzione di un corpo straniero e liquido (acqua) nei loro interstizii. Le lave avanzano da sè, qualunque siano le circostanze esterne, mentre il moto dei ghiacciai dipende dal clima, dalle stagioni, ecc.

Le cause, conchiude Agassiz nell'ultima sua opera, che furono considerate separatamente come uniche motrici dai singoli autori entrano tutte insieme nella produzione del fenomeno. L'inclinazione del fondo (che produrrebbe secondo taluni lo sdruciolamento) è una condizione della progressione, ma non ne determina la velocità; la plasticità è un'altra condizione, non meno essenziale, perchè permette al ghiaccio di muoversi su pendii molto deboli; e la dilatazione interviene egualmente come forza motrice, massime in primavera, quando la plasticità è al suo *minimum*.

Del resto Agassiz, mentre ci dà questa conclusione, non sviluppa tutta la sua teoria, spiegando con essa i diversi movimenti nelle diverse parti, ecc., ma questo complemento della teoria sarà forse l'oggetto della seconda parte del suo *Sistema glaciare*, la quale, per quanto sappiamo noi, non fu ancora pubblicata.

41. Ghiacciai polari. — Tutti sanno che le regioni vicine ai poli sono costantemente coperte di ghiacci, il quale

rivestono la terra o galleggiano sull'acqua a guisa d'immense zattere, che, spinte dalle correnti marine, giungono talora sino alle coste della Svezia, dell'Inghilterra ed anche in regioni più meridionali, trasportandovi ciottoli, avanzi di vegetabili e d'animali proprii delle regioni polari. Oltre a questi, v'ha i ghiacci terrestri, che ora ricoprono tutto il suolo di strati, di ghiaie, di ciottoli e di massi cementati da ghiaccio; ora formano immensi sedimenti che contengono avanzi di animali, talvolta anche animali interi conservati a meraviglia, come per esempio gli elefanti che furono trovati in Siberia. Il loro ghiaccio è sempre compatto e duro, simile al ghiaccio ordinario, perchè non ha un'origine uguale a quella dei ghiacciai alpini.

42. Acque correnti. — L'acqua delle piogge può avere varii effetti secondo che sono lente o impetuose; nel primo caso l'acqua, filtrando pel terreno, va a dar origine a sorgive ed a fiumi; nel secondo, non avendo tempo di filtrare, scorre con impeto sul suolo, lo solca, lo spazza e porta via la terra vegetabile, le piante, le case, i più grossi massi di rocce, ecc. Un esempio ne avemmo recentemente in alcune valli del Bresciano. L'acqua, dice un testimonio oculare, cadeva così impetuosa che non vi si vedeva attraverso e toglieva quasi il respiro, e, raccolta sul terreno, produsse enormi torrenti di fango che trasportarono alberi, case, forni fusorii, molini ed enormi massi di rocce. Narrasi perfino che quel torrente di fango fosse sì denso che alcuni uomini poterono attraversarlo correndo sulla sua superficie senza sprofondarvisi.

Talvolta i torrenti fangosi possono avere tutt'altra origine. In Inghilterra nel 1772 ed in Islanda nel 1831 si videro immense torbiere gonfiarsi, straripare, dopo grandi piogge, e rigettare tanto fango da ricoprire oltre 160 ettari di terreno, e con tal forza da strascinare seco boschi e villaggi.

Ovunque vedonsi fiumi o torrenti v'hanno tracce di corrosioni; le rocce per cui passano acque correnti trovansi sempre divise, arrotondate, lisce, quando son molto dure:

quando sono molli e friabili le corrosioni possono acquistare dimensioni gigantesche; si formano valloni, pareti scoscese, che ad ogni piena cangiano di forma pel continuo cadere or d'una parte, ora d'un'altra. Nella Virginia v'ha un ponte naturale formato dalle acque del fiume James nei monti Allegani, corrodendo gli strati inferiori e risparmiando i superiori, i quali rimasero a formare il ponte. Una corrente di lava dell'Etna chiuse l'alveo del fiume Simeto; ma esso prese a corroderla, ed alla fine, direi quasi, la segò, scavandosi in 240 anni un alveo novello, lungo 500 metri, la cui altezza varia da 20 a 100 metri, e la profondità giunge sino ad otto metri.

Non sempre però i passaggi dei fiumi furono formati da essi stessi. « Il corso della Mosa in Francia, dice il Pilla, là dove traversa le Ardenne, porge un esempio di questa natura. Il suolo va declinando da quelle montagne verso il bacino di Parigi, cioè verso la sorgente del fiume. Se dunque fosse vero che la gola la quale a questo dà passaggio fosse stata opera della sua azione, converrebbe porre delle due cose l'una, o che la condizione de' luoghi è grandemente mutata, ovvero che il fiume ha dovuto correre presso la sua scaturigine sopra un suolo più basso che vicino all'imboccatura. Delle quali cose l'una è al tutto inverosimile, l'altra assurda. Onde conviene concludere che la gola preesisteva al primo corso del fiume. »

Esempio assai citato della forza corrodente dell'acqua è la cascata di Niagara, nell'America settentrionale. Questo fiume esce dal lago Erie e va al lago Ontario, che è distante dal primo circa otto leghe, e più basso cento metri. Scorre per circa sei leghe sopra un altipiano, e poi per un avvallamento del terreno che seguita, produce una cascata di 50 metri circa d'altezza. Il suolo è formato di strati orizzontali, superiormente calcarei e inferiormente di schisti. Questi ultimi, inzuppati dal pulviscolo d'acqua che si leva dalla cascata, cadono continuamente in frammenti, per il che anche i calcarei, non più sostenuti, cadono anch'essi nel

fondo della cascata. Questa continua distruzione del lembo della cascata l'ha già fatta retrocedere di molto. Il Lyell valuta che questo andamento retrogrado sia di un piede all'anno; per il che potrà arrivare un tempo in cui, coincidendo la cascata coll'apertura del lago Érié, ne seguirà il suo votamento.

La corrosione prodotta dalle acque correnti è spesso aiutata dai ciottoli e dai massi che esse trasportano, i quali scalfiscono, rigano, alterano in mille modi l'alveo e le sponde; che se le rocce del fondo sovrastano a qualche cavità sotterranea, possono, rompendosi, dar origine ad un vortice. Nella primavera del 1846, al di sotto di Gorla, dove il Serio è sostenuto da una diga artificiale per estrarre acque irrigue, e non molto lungi da questa si formò d'improvviso un vortice considerevole, che il professor Balsamo opina esser provenuto dalla rottura di qualche strato di puddinga che copriva una cavità lasciata dallo scioglimento d'un'argilla sottoposta. Il vortice venne chiuso artificialmente gettandovi una gran quantità di fascine e di sassi.

Il trasporto delle materie sospese nell'acqua dipende principalmente dalla rapidità dell'acqua e quindi dalla pendenza delle correnti. L'Arno, che a Firenze trasporta ciottoli, a Pisa non depone che sabbie; il Po non trascina ghiaie e ciottoletti che sino a Piacenza, e nel restante del suo corso trasporta soltanto materie terrose molto leggiere. In generale, secondo Boudant, le acque navigabili giungono di rado alla pendenza di tre o quattro minuti e non trasportano che poca argilla di sospensione; i torrenti che hanno pendenza di uno o due gradi trascinano massi di mezzo metro di diametro. E il Pilla soggiunge esser necessaria una velocità di 3 pollici ogni secondo perchè la corrente operi sopra un letto d'argilla da vasai, di 6 per trascinare sabbia fina, di 8 per menar via sabbia d'ogni grossezza, di 12 per la piccola ghiaia, di 24 per rotolare ciottoli d'un pollice di diametro, e infine di 3 piedi per trascinare pietre angolose della grossezza d'un uovo.

I frammenti delle rocce, angolosi presso alla loro origine, allorchè sono trasportati dalle acque correnti, pel continuo attrito fra loro e contro le pareti e il fondo delle correnti, vanno sempre più smussando gli spigoli ed arrotondandosi mano mano che se ne allontanano, ed assumono allora il nome di *ciottoli*. Sembra che alla loro forma debbasi dare maggiore importanza di quel che siasene data sinora, dacchè Schimper osservò che i ciottoli marini, o almeno che un tempo furono rotolati dalle acque marine, tendono sempre alla forma cuboide o sferica; mentre quelli tradotti da correnti fluviali offrono una forma più allungata od ellissoidea più o meno appiattita.

43. Laghi stabili ed avventizii. — L'azione dei fiumi che attraversano laghi è sempre quella di colmarli ed asciugarli. Diffatti nei laghi di Ginevra, di Como, Maggiore, ecc., il Rodano, l'Adda, il Ticino apportano grandi quantità di materie, che a poco a poco tendono a rialzare il fondo del lago (*); mentre d'altra parte le acque che ne sortono tendono continuamente a corrodere l'apertura per cui escono ed ingrandirla; sicchè dopo un lasso più o meno lungo di tempo, alzatosi il fondo ed uscita tutta l'acqua dall'apertura ingrandita, quei laghi saranno trasformati in valli attraversate da quei fiumi. Tal fine sembra esser toccata già a varii laghi; giacchè parecchie valli offrono tutte le apparenze d'una formazione simile all'anzidetta. Tale è per esempio la Val d'Arno superiore, che presenta un'apertura molto allargata e il fondo formato da ampi sedimenti lacustri con conchiglie ed avanzi d'antichi animali terrestri.

Un siffatto fenomeno avviene talora nei laghi che si formano casualmente per qualche ostacolo opposto alla corrente di qualche fiume. Esempio assai noto è quello del Vallese nel 1818. Ostruitasi la valle di Bagues per la caduta d'im-

(*) Così agli sbocchi del Ticino nel lago Maggiore e dell'Adda nel lago di Como si formarono a poco a poco delle paludi coi sedimenti portati da quei fiumi, le quali vanno continuamente solidificandosi ed aumentando in estensione per il continuo deporsi di nuovi sedimenti.

mense valanghe e per l'allungamento straordinario d' un ghiacciaio, il fiume Drava formò un vastissimo lago; dopo un certo tempo, vinta dal peso dell'acqua, si ruppe la diga, e le acque precipitarono impetuose nella sottoposta valle, distruggendo e trascinando seco tutto ciò che s'opponeva al loro corso, terre, alberi, villaggi interi e perfino grandi massi di granito, uno de' quali aveva il volume di 10,000 piedi cubici, essendo la forza dell'acqua aiutata dall'immensa quantità di legna che n'era trasportata.

44. Azione dell'acqua del mare. — Le corrosioni e i trasporti cagionati dall'acqua del mare non la cedono, anzi vincono di molto quelli finora descritti. Le onde marine, battendo di continuo le coste, vi lasciano segni incancellabili della loro potenza corroditrice. Un solco orizzontale e profondo, lungo tutta la linea ove giunge l'acqua nel pelo ordinario, è il primo effetto della corrosione sofferta dalle coste; al quale seguono poi frane e scoscendimenti, finchè la massa dei rottami accumulata al piede delle balze o costiere vale a difendere dalla successiva azione delle onde. Quando la costa sia verticale e nuda, la corrosione è la massima possibile; quand'è molto inclinata e quasi orizzontale, le onde vi salgono dolcemente e quasi non vi producono nessun effetto. La corrosione delle coste presenta non di rado degli effetti singolari; se ne vedono alcune frastagliarsi poco a poco e ridursi a scogli multiformi, a promontorii forati e incavati in modi assai pittoreschi.

L'avanzarsi del mare per la continua distruzione delle coste è un fenomeno che pur troppo si avvera in molti luoghi. Le coste del Norfolkshire e del Suffolkshire in Inghilterra soffrono continue perdite, che si calcolano un metro circa di terreno all'anno, e buon numero di villaggi e città sopra altre coste colà vicine scomparvero per la caduta del terreno che li sostenevano. Nella Corsica presso San Bonifacio si osserva una costiera di cui il mare va continuamente scavando il piede, sicchè verrà tempo che tutta intera si inabissierà.

Azione produttiva dell'acqua.

45. Rocce prodotte dall'acqua. — Come l'azione distruttiva dell'acqua si poteva distinguere in chimica e meccanica, così anche la produttiva; vale a dire l'acqua forma ora dei *precipitati chimici*, cioè deposizioni di sostanze dapprima disciolte nel liquido e non separabili da esso che per la sottrazione del solvente o per un cangiamento chimico; ed ora dei *depositi meccanici* o *sedimenti*, che sono depositi di sostanze semplicemente sospese nell'acqua e che si possono separare da essa col mezzo della filtrazione.

46. Rocce di formazione chimica. — Le sostanze che, deponendosi dall'acqua in cui erano disciolte, formano sedimenti così copiosi da considerarsi come rocce sono la calce carbonata, la silice e il ferro idrato.

La *calce carbonata*, abbandonata dall'acqua che la teneva disciolta, per lo svolgimento dell'acido carbonico che era esso pure in questa disciolto, forma travertini, stalattiti e stalagmiti (dette anche *colaticci*), incrostazioni, alabastri, tufi, ecc., cose tutte sulle quali si è già detto a sufficienza nella Mineralogia, a proposito di questa specie di minerale.

La *silice* può in alcuni casi esser disciolta dall'acqua e deporsi nel medesimo modo della calce carbonata. Ciò avviene specialmente alle sorgenti dette Geysser, in Islanda, ed in altre, delle quali diremo più avanti.

Il *ferro idrato* o *ferro limoso* incontrasi assai frequentemente in via di formazione, deposto per lo più dalle acque che filtrarono per depositi di sostanze molto ricche di ferro esistenti nel seno della terra. Ma meno facile a spiegarsi è la produzione del ferro idrato nelle paludi lombarde; e il professor Balsamo opina che questo ferro di palude non sempre provenga dall'accumulamento d'un immenso numero d'involucri degli infusorii detti *gaillo-nelle*, bensì spesse fiate invece da un'argilla ferruginosa,

detta *ferretto*, che trovasi in gran copia nell'alta Lombardia (*).

Oltre a questi depositi superficiali, altri se ne formano sotterra e sotto le acque. Sulle coste della Guadalupa si trovarono ciottoli ed ossa umane agglutinate da un cemento calcareo di formazione recente. Gli abitanti di Messina scavano qua e là sulle coste alcune arenarie costituite da una recente cementazione delle sabbie: nelle lagune venete si forma tuttora un'arenaria, detta *caranto*, per l'agglutinazione delle sabbie, prodotta da un cemento ferruginoso che contiene spesso avanzi dell'industria umana, conchiglie ben conservate, e somiglia all'argilla ferruginosa, fangosa e puzzolente dei canali di Venezia, ma consolidata per opera del tempo.

47. Rocce di formazione meccanica o sedimenti. —

Sono prodotte dal depositarsi delle argille, delle sabbie, dei ciottoli, ecc., trasportati dalle acque allorchè, diminuendo la velocità del moto di queste non possono più rimanervi sospese. A fin di studiare questi sedimenti con

(*) Ecco quanto diceva il professor Balsamo sopra questo argomento in una delle sue lezioni. « Se noi osserviamo le nostre paludi ed ove esistono acque stagnanti non solo nelle pianure ma anche nei luoghi di collina, spesso scorgiamo le acque coperte d'una materia di colore *nankia* carico, d'aspetto in parte gelatinoso, ed assoggettata al microscopio, questa materia ci si palesa essere la *gaillonella ferruginea* di Ehrenberg. Sarebbe dunque anche in questo caso la riunione degli scheletri o involucri di questi animaletti che produrrebbe, secondo Ehrenberg, il ferro di palude. Però quantunque presentemente l'opinione dell'Ehrenberg sulla formazione del ferro di palude sia quella più generalmente adottata, io confesso che non mi posso del tutto sottomettervi. Chiunque visiti i nostri terreni argillosi, e specialmente le risale poste al nord di Milano, può osservare che sebbene in alcuni luoghi sia copiosa la *gaillonella ferruginea*, pure in molti altri non si trova, ed ivi le acque che escono qua e là lungo gli argini sono cariche di ferro idrato e non offrono tracce dell'infusorio suddetto. D'altronde è noto che nell'alta Lombardia esistono dei vasti depositi, anche di qualche potenza, d'un'argilla ferruginosa volgarmente detta *ferretto*, la cui origine non sembra probabile che ammetter si possa derivare da lenti depositi di materia organica nell'epoca attuale, ma che io ora inclino a ritenere come residuo del terreno terziario superiore distrutto dai cataclismi in seguito avvenuti e specialmente nell'epoca alluvionale. » (*Sunto litografato di Geologia*, pag. 62.)

ordine vuolsi distinguerli in *marini*, *terrestri* e *fluvio-terrestri*.

48. Sedimenti marini. — Chiameremo sedimenti marini tutte le particelle terrestri, minerali o d'altra natura, e di qualunque dimensione e provenienza, che si formano attualmente sul mare o sulle sue coste. Essi si producono per tre cause diverse, cioè per trasporto di materie provenienti dalla terra ferma, per corrosione delle coste e per accumulamento, corrosione e decomposizione dei corpi organici. Dalle osservazioni risulta che i sedimenti apportati dagli affluenti terrestri sono ben poca cosa in confronto della gran massa di sedimenti che realmente si formano sul fondo del mare; giacchè pochi sono i fiumi che trasportino gran quantità di materie, ed anch'essi limitano la propria azione ai luoghi vicini alle imboccature. D'altra parte la corrosione delle coste è universale ed evidentemente grande in ogni paese, e noi ne vedemmo più sopra parecchi esempi. L'azione delle onde la vedemmo variare a seconda della disposizione del litorale; quando la costa è pochissimo inclinata e lascia allo scoperto strati argillosi, calcari o sabbiosi, le onde, ad ogni marea, lavano, spazzano e trasportano via i sedimenti; quando la costa è verticale e forma balze o costiere, il mare, battendone continuamente il piede, corrode la roccia, sinchè le parti superiori non tardano molto a crollare, e formano al basso un cumulo di frammenti che vengon lavati, triturati ed a poco a poco portati via dalle onde, le quali tornano a battere il piede della balza. Il terzo modo d'azione delle onde è la continua corrosione dei ciottoli e delle ghiaie incessantemente smosse dal movimento dell'acqua. I corpi organizzati infine producono banchi numerosissimi di corallo e sedimenti di ghiaie e sabbie formate soltanto di tritumi di conchiglie. Prendendo la cifra 16 per l'insieme dei sedimenti marini, il D'Orbigny lo trova composto di 4 di sedimenti terrestri, 10 di sedimenti prodotti dalla corrosione delle coste, e 2 di sedimenti prodotti dai corpi organizzati.

49. Ripartizione naturale dei sedimenti marini. —

Dopo la quantità relativa dei sedimenti bisogna studiarne la ripartizione naturale nel mare. Sopra una costa assai inclinata verso un mare profondo i luoghi battuti dalle onde presentano sempre dei ciottoli e delle sabbie grosse fin sotto al limite inferiore dell'ondulazione delle acque, perchè queste, movendosi, portano seco le materie più sottili e leggeri; oltre un tal punto i grani delle sabbie vanno diminuendo di grossezza, sinchè si cangiano in fango e sedimenti finissimi, dove le acque più profonde non offrono più nessun movimento. Sopra una costa quasi orizzontale e molto prolungata sotto le acque se non v'hanno correnti tutto avviene come nel caso precedente; se ve ne sono, hanno molta influenza sulla formazione dei sedimenti. I ciottoli rimangono sempre nel luogo ove sono caduti o li vicino; la sabbia grossa ne è trasportata via e trovasi ovunque sienvi correnti, formando banchi pochissimo inclinati a seconda della corrente stessa e con inclinazione maggiore là dove terminano (fig. 25). La sabbia fina invece,



Fig. 25 (*).

trasportata facilmente dalle correnti, si depone nei luoghi ove queste diminuiscono in forza, formando strati orizzontali, ed una parte di essa viene spinta dalle onde sulle spiagge, ove, per l'azione del vento, forma le dune. Finalmente i sedimenti limosi, nei mari tranquilli, trovansi nei luoghi più profondi; in quelli invece ove esistono

(*) La figura a sinistra dimostra la disposizione degli strati nel periodo della loro formazione; quella a destra fa vedere che se l'acqua venisse a levare la parte superiore di que' sedimenti, il restante rimarrebbe formato di straterelli inclinati: cosicchè, non sapendosi la loro origine, sarebbe facile credere che siano stati formati orizzontali e poi smossi dalla loro posizione originaria per opera d'una causa estranea qualunque. Ciò è utile a sapersi per non cadere in errore allorchè si osserva la stratificazione delle rocce sedimentarie formate nelle antiche epoche geologiche.

correnti sono trasportati da queste anche sulle coste, e si fermano nei golfi e nelle baie ove le acque non sono smosse nè dai venti, nè dalle maree, nè dalle correnti.

Risulta da tutto ciò che al disopra del livello delle maree si formano dune di sabbia, non stratificate, agitate dalle correnti; al livello superiore delle maree strati orizzontali di limo nelle acque tranquille, di sabbie e di ghiaie sulle coste agitate; al livello dell'ondulazione delle maree trovansi depositi di limo in istrati orizzontali nei luoghi tranquillissimi, di sabbia flua nei luoghi poco agitati, di grossa sabbia e ciottoli ove agiscono con forza le onde e le correnti; finalmente sotto il livello inferiore delle maree si depongono banchi di sabbia grossa a straterelli spesso inclinati, nei letti delle correnti, e sul resto del fondo si formano sedimenti a strati orizzontali, tanto più fini quanto più le acque sono tranquille o di maggiore profondità.

30. Perturbazioni nella formazione dei sedimenti marini. — La formazione de' sedimenti non avviene però sempre con tanta regolarità; giacchè v'hanno assai di sovente delle cause che la disturbano, quali sono le maree, i venti, le burrasche, ecc. Per effetto delle maree, movendosi le acque sei ore in un verso e altre sei in un altro, i depositi che si formano in uno stesso luogo possono caugiar di natura per la variazione delle sostanze trasportate dalle acque: laonde si possono formare strati alternanti di varia natura, od almeno produrre delle distinzioni assai sensibili fra i successivi strati, anche di natura eguale. L'azione dei venti è ancora più importante; giacchè se essi durano in una direzione per un certo tempo e poi dopo soffiano in un'altra direzione, potrà avvenire che uno stesso sito ora vi sia esposto ed ora ne sia difeso; nel primo caso vi si depongono soltanto ghiaie e sabbie, e nel secondo anche limo e altri sedimenti leggeri, e così possono prodursi sul suo fondo dei depositi alternati di diversa natura. Nelle burrasche poi, essendo accresciuta di molto l'agitazione dell'acqua, aumenta di molto la forza corrosiva

e di trasporto, e ne avviene un'alterazione più o meno grande nei depositi già formati o che sono in via di formazione.

51. Distribuzione degli animali nei sedimenti marini.—

Ora ci resta a vedere il modo con cui gli avanzi degli animali morti si distribuiscono nei sedimenti finora descritti, secondo che sono animali galleggianti o no. Tutti i mammiferi, gli uccelli, i rettili e i pesci che muoiono nel mare, i molluschi cefalopodi, le aplisie, ecc., sono galleggianti dopo la morte, o per la loro naturale leggerezza o per la distensione dei loro corpi cagionata dai vari gas prodotti dalla putrefazione delle parti molli. Galleggiando sull'acqua, sono essi portati per la maggior parte verso le coste, e là vengono depositati come ogni altro corpo. Se sono deposti sopra una costa nuda ed a scogli, si distruggono prontamente per l'azione delle onde; se rimangono sopra una spiaggia sabbiosa, il più delle volte si scompongono e si disperdono le parti del loro scheletro; se finalmente cadono in un fondo tranquillo, vengono ben presto ricoperti dai sedimenti fini che li involuppano e ne mantengono unite le parti dure, e spesso ricevono e conservano le impronte ben anche delle parti molli. Le conchiglie galleggianti, per esempio quelle dei nautili, delle seppie, ecc., sono spinte dalle acque verso le coste e deposte sulle spiagge all'altezza delle alte maree; di rado e solo per eccezione cadono al fondo del mare. In quanto agli animali che non galleggiano (come le conchiglie che vivono infisse al suolo, colla bocca in basso e le due valve disposte lateralmente) può avvenire invece che muoiano di vecchiezza, o per un casuale deposito di sedimento in conseguenza di qualche burrasca o di qualche vento; ed allora rimangono involte dai sedimenti nella loro posizione normale e verticale, e può avvenire che siano sveltì dalla loro sede naturale e trasportati altrove. In questo caso vanno soggetti alle leggi che regolano il deporsi dei sedimenti, e trovansi collocate non nella loro posizione normale, ma in quella d'equilibrio, cioè nell'orizzontale.

Lo studio della distribuzione geografica degli animali è d'un'importanza capitale per la Geologia, giacchè essa ne può trarre abbondanti materiali per indagare lo stato della terra in ogni sua epoca. Gli animali marini si possono distinguere in pelagici e costieri: i primi vivono sempre in alto mare (molti pesci, cefalopodi e pteropodi), ed ogni mare od ogni regione ne può avere delle specie particolari; i secondi vivono costantemente sul litorale, e perciò la loro distribuzione è soggetta alle influenze delle correnti, della temperatura, della configurazione del litorale stesso, della natura e del livello del fondo, ecc. Le correnti marine tendono talora a diffondere sopra una stessa costa le specie indifferenti alla temperatura; altre volte invece tendono a restringere ed a fissare gli animali entro certi confini più o meno larghi anche d'una medesima costa; il che è ordinariamente l'effetto delle variazioni topografiche di temperatura e della configurazione del suolo.

52. Sedimenti terrestri e fluvio-terrestri. — Si formano tutti per la corrosione delle rocce d'ogni natura, prodotta dal gelo e dalle piogge nelle regioni boreali ed australi, e nelle regioni calde dalle sole piogge. Vedemmo già come queste cause valgano attualmente a distruggere le rocce solide e trasportarne altrove i frammenti; ma osserva un distinto geologo che non è giusto paragonare la natura attuale alla natura passata, salvo che si consideri un suolo vergine invece di un suolo coltivato. Diffatti, secondo lui, i paesi ancora non tocchi dalla mano dell'uomo vedonsi coperti dovunque d'un'attiva vegetazione, che garantisce il suolo dall'azione dell'acqua; sicchè i torrenti son pochi, e anch'essi non trasportano che una lievissima quantità di materie terrose: in un suolo coltivato invece, essendo smossa la terra per la coltura e spogliata della ricca vegetazione naturale, l'acqua vi produce effetti immensi, ne toglie continuamente gran quantità, giunge spesso a denudare le rocce che erano ricoperte una volta di buona terra vegetale, ed i torrenti e fiumi trasportano una quantità

grandissima di materie a colmare i laghi, le baie ed i golfi in cui vanno a sboccare.

I sedimenti terrestri, detti specialmente *alluvioni*, si formano in un modo analogo ai marini, a seconda della velocità dell'acqua. I ciottoli si depositano prima delle ghiaie, allorchè le correnti sboccano in un alveo più largo e meno ripido, poscia si depongono le ghiaie; indi le sabbie e le argille vengono trasportate sin dove la corrente sbocca in qualche acqua tranquilla, per esempio in un lago, ove si fermano anch'esse, dando origine agli strati detti lacustri. Ben pochi sono in realtà i sedimenti fluviali trasportati al mare allorchè si confrontano con quelli deposti lungo il corso del fiume: quei sedimenti che arrivano al mare vi seguono le leggi che regolano i marini, e formano perciò degli strati più o meno inclinati a seconda della forma del fondo, del movimento delle acque, ecc. Perciò tutti i sedimenti terrestri tendono a colmare le valli, i laghi e il mare, a spese delle colline e delle montagne, come i marini rialzano il fondo del mare a spese delle coste.

53. Sedimenti alle foci dei fiumi. - Delta. — Merita singolare studio il modo con cui si comportano i sedimenti fluviali allorchè si formano alle foci dei fiumi. Quando il pendio della spiaggia è grande il mare non ha forza di rimandare indietro le materie che riceve; quando invece è assai lieve si stabilisce quasi un conflitto fra il mare e il fiume, il quale può essere grandemente modificato dalla mano dell'uomo. Le materie che arrivano trasportate dai fiumi essendo continuamente rigettate dal mare verso la terra ferma, finiscono col depositarsi presso la foce, e giungono a formare sedimenti così alti da sporgere dalle acque e prolungare la terra ferma. Questi sedimenti, per essere solcati dai vari rami dei fiumi, hanno la forma della lettera greca denominata *delta* e ricevono appunto questo nome. Esempi comunemente noti sono quelli del Po, del Nilo, ecc.; ma anche nei nostri laghi lombardi ne abbiamo parecchi, quali sono quelli formati agli sbocchi del Ticino

nel lago Maggiore, dell'Adda in quel di Como, ecc. Si calcola che il Po trasporti al mare più di 40,000,000 di metri cubici di materie solide all'anno; e che l'allungamento della spiaggia sia di circa 70 metri all'anno: pel quale allungamento la città d'Adria è in oggi distante circa venti miglia dal mare a cui ha dato il nome; e Spina e Ravenna, che erano porti di mare, ne distano ora l'una undici miglia, l'altra quattro.

54. Cordoni litorali e lagune. — Analoga alla produzione dei delta è quella dei *cordoni litorali*. Le sabbie e i sedimenti marini risospinti dalle maree vengono spesso ad ammuccinarsi lungo linee parallele alle coste, ma ad una certa distanza; e per una tale continuata azione giungono a produrre dei rialzi in forma d'argini, detti *cordoni litorali*, che sporgono dall'acqua e racchiudono fra sè e la terra ferma degli spazii ove rimangono paludi salate, alimentate di tanto in tanto dalle irruzioni del mare dopo la rottura dei suddetti cordoni. Esempi comunissimi sono quelli che diedero origine alle lagune venete, alle paludi pontine, ecc. Se, quando le lagune rimangono separate dal mare, i fiumi continuano ad attraversarle e deporvi i loro sedimenti, esse a poco a poco si colmano e scompaiono; e tale fu la sorte di parecchie paludi italiane. Se invece, naturalmente o ad arte, i fiumi non vengono più a passare ed a colmare le lagune, esse rimangono continuamente ad infestare coi loro miasmi tutto lo spazio che occupano ed anche buon tratto dei paesi vicini; e tale è il caso delle paludi pontine, delle maremme toscane e delle lagune venete, dalle quali ultime anzi fu l'arte veneta che deviò il corso dei fiumi, affinchè quella città rimanesse sempre isolata in mezzo alle acque.

55. Distribuzione degli animali nei sedimenti fluviali. — Come nei sedimenti marini, anche nei fluviali si trovano sparsi gli avanzi di animali terrestri ed acquatici, ed anche di loro fa d'uopo studiare il modo di distribuzione. I vertebrati in putrefazione e le conchiglie possono galleggiare, ed allora seguono il corso dei fiumi; ma è falso

che nei luoghi selvaggi gli animali tratti dalle acque correnti sieno così numerosi come quelli che si osservano nei nostri paesi. D' Orbigny dice non aver veduti che rarissimi casi di animali galleggianti sui fiumi dell'America. Supposto anche il caso che alcuni siano trasportati dai torrenti nelle inondazioni, quasi tutti si fermano lungo il loro corso e lungo quello dei fiumi, essendo deposti dalle acque sulle sponde; ed anche quelli che possono giungere sin presso al mare sono spinti dalle ondate e dai venti verso le spiagge, ove le loro parti o rimangono congiunte o vengono distaccate e disseminate secondo che l'acqua è tranquilla od agitata. Gli animali poi che muoiono in terra si alterano, si putrefanno prontamente, e non ne rimane conservata alcuna parte, anche dello scheletro, eccetto che qualche inondazione non li trasporti in luoghi ove possano essere ricoperti da sedimenti.

56. Miscela degli animali terrestri e marini nei sedimenti alle foce dei fiumi. — L'ultimo argomento che rimarrebbe a trattare è quello dei confini entro i quali avviene la miscela degli animali marini e terrestri; or bene, le osservazioni dei geologi provano che questi limiti sono assai ristretti. Gli animali che giungono al mare sono respinti verso terra, e di rado si allontanano più di qualche chilometro a destra od a sinistra della foce; le poche conchiglie terrestri leggeri che giungono alla foce sono spesso distrutte dall'azione delle maree e delle ondate, e meno ancora possono esser spinte entro i fiumi le conchiglie marine dalle maree e dalle tempeste. D'altra parte è un fatto ben provato che alla foce dei fiumi v'ha sempre un lungo tratto in cui non vive nessuna conchiglia, nessun pesce; perchè l'acqua vi riesce mista di dolce e di salsa, e gli animali d'acqua dolce muoiono appena incontrano l'acqua salsa, ed i marini non possono vivere nell'acqua dolce: v'ha però un piccol numero di conchiglie che vivono nelle acque salmastre, ma, come abbiamo detto, son poche e non si avanzano molto nè nei fiumi nè nel mare.

Da quanto abbiain detto vedesi esser facile non solo dalla struttura dei sedimenti ma anche dagli avanzi minerali che contengono dedurre l'origine terrestre, fluviatile o marina dei sedimenti che formano la corteccia terrestre. Citeremo un solo esempio, quello di un'argilla che trovasi a Santa Croce presso Missaglia in Brianza, la quale, per le conchiglie terrestri e fluviatili che contiene, si riconosce essere stata deposta in qualche seno d'acqua dolce.

57. Rocce prodotte da corpi organizzati. - Banchi di polipai. — Nel mare delle Indie, nel mar Rosso e specialmente nell'Oceano pacifico, vedonsi numerosi ed estesissimi banchi prodotti dagli animali detti zoofiti, che usano costruire dei polipai. Abbandonata l'antica credenza, si ammette ora che tutta l'isola, dal fondo fino alla superficie del mare, non sia prodotta dai polipai, ma che questi coprano soltanto la cima di quei monti subacquei, ed anzi crescano con estrema lentezza, per un millimetro e mezzo circa all'anno. Giunti alla superficie del mare, i polipai cessano di crescere in altezza; le onde ne rompono la parte superiore, e coi frammenti formano una specie di *caranto*, il quale diviene ben presto la sede di copiosa vegetazione, a motivo dei semi che vi vengono portati dagli uccelli marini, dalle acque, dagli insetti, ecc.

58. Torbiere. — Oltre i depositi prodotti dai corpi animali, vi hanno anche depositi formati da materie vegetali; e fra questi meritano speciale menzione le torbiere. In quasi tutti i terreni paludosi, sì nelle pianure come sui monti, trovansi vasti depositi di sostanze combustibili più o meno compatte, dette *torbe*, le quali talora hanno anche molto spessore. L'aspetto generale dei luoghi torbosi è triste, la vegetazione uniforme; il fondo ora è argilloso, ora calcareo, ora granitico, ora basaltico, ma sempre impermeabile all'acqua. La torba è più compatta, più omogenea, più buona alla parte inferiore, più fibrosa, più leggera, men buona verso la superficie. La formazione della torba fu molto studiata, e si trovò che nei nostri paesi i vegetabili che più concorrono a formarla sono quei muschi che

costituiscono il genere *sphagnum*, e in Lombardia principalmente lo *sphagnum acutifolium* ed il *latifolium*; ai quali si aggiungono poi i muschi detti *hypnum fluitans*, il *dicranum scoparium*, alcune conferve, alcune iuncacee e l'*eriophorum vaginatum*, caratteristico principalmente delle nostre torbiere. Talora poi si aggiungono depositi d'argilla a quelli di torba. Gli sfagni per la loro porosità aiutano la formazione della torba, rattenendo l'acqua, principalmente sui pendii dei monti. L'abbattimento delle selve sembra aver aiutato la formazione di torbiere, e ciò è provato dalla comparsa di torbiere là dove furono abbattuti i boschi per la strada del Sempione; e in molti luoghi della Germania, dove si sono distrutte le selve antiche.

Sprengel e Wiegmann opinavano che nella macerazione delle piante si formasse l'acido *ulmico*, il quale ne favorisse poi la carbonizzazione e ne impedisse la putrefazione. Altri credono che l'idrogeno carbonato, che si sviluppa nelle paludi, abbandoni il carbonio ai vegetabili e li preservi dalla putrefazione. Il professore Balsamo ritiene invece che i vegetabili stessi scompongano l'acido carbonico dell'aria, se ne appropriino il carbonio ed abbandonino l'ossigeno, il quale forma quelle copiose bollicole che stanno attaccate ai vegetabili stessi sott'acqua. Ma, soggiung'egli, deve sempre ritenere in generale che non sempre lo stesso fenomeno avviene per la medesima causa, e che la natura può nei varii luoghi e nei varii tempi usare di processi differenti ed anche opposti per ottenere il medesimo effetto. Che che ne sia però, dobbiamo sempre credere che le torbiere agiscono sull'atmosfera nel medesimo modo delle foreste, a cui talora si sostituirono, decomponendo cioè l'acido carbonico che viene continuamente emesso dagli animali, appropriandosene il carbonio e mettendo in libertà l'ossigeno, che, misto all'aria, serve alla nutrizione degli animali stessi.

59. **Conclusione.** — Quanto abbiain detto sin qui è di assoluta importanza allorchè dallo studio dei sedimenti antichi si voglia trarre argomenti per la storia della terra in

tutte le sue epoche. Diffatti vediamo riprodotti nei sedimenti antichi tutti i fatti che si osservano avvenire oggidì: trovansi puddinghe formate dal sedimento dei ciottoli e delle ghiaie; trovansi sabbie, arenarie, schisti argillosi, marne formate per altri sedimenti più o meno sottili; vedonsi depositi in straterelli inclinati, e quindi formati come i banchi di sabbie delle spiagge attuali; s'incontrano strati alternanti per le perturbazioni prodotte dai venti e dalle maree, straterelli sottilissimi e regolarissimi per il continuo cangiare dei venti o pel moto alternativo delle acque nelle maree. Gli scheletri che trovansi intieri, come anche le conchiglie ben conservate in tutte le parti più minute, le impronte, ecc., indicano una formazione tranquilla; le ammoniti, i nautili ed altre conchiglie galleggianti mostrano le spiagge degli antichi mari; la posizione delle conchiglie non galleggianti, gli avanzi di animali pelagici, costieri e altre simili osservazioni ponno dare ben fondate deduzioni sullo stato del luogo in cui si deponevano gli strati, sulle circostanze che presiedettero alla loro formazione, ecc. Ma trovansi in natura dei fatti che non si possono spiegare coi soli fenomeni attuali finora descritti; tali sono i frequentissimi raddrizzamenti, le contorsioni e le rotture degli strati, i nuclei granitici, porfirici che stan sotto agli strati rialzati, ecc.: la loro spiegazione è fondata sopra fenomeni di tutt'altro genere, e dei quali ora passiamo a discorrere.

Terremoti.

60. Fenomeni precursori e concomitanti. — Ognuno sa che siano queste tremende catastrofi; scosse del suolo per cui vi si formano squarciature, sollevamenti, avvallamenti, disastri d'ogni specie.

Non v'ha alcuna regola generale rispetto ai fenomeni che precedono i terremoti: essi avvengono in tutti i tempi e sono preceduti da circostanze meteoriche diversissime. Però gli abitanti dell'Italia meridionale, assuefatti a tali

fenomeni, « riconoscono, dice il Pilla, una costituzione d'aria speciale, che dimandano *aria da terremoto*, la quale è quando, dopo una lunga siccità, l'atmosfera si mostra sommarmente calda, caliginosa, quieta come se fosse morta, il sole vedesi velato, quantunque il cielo fosse sereno, e si prova una pena, un affanno grandissimo nel respiro. » Una tal aria, che precedette anche il terremoto di Toscana del 14 agosto 1846, non è però un indizio costante, come la siccità dei pozzi che spesso precede le eruzioni del Vesuvio.

I terremoti avvengono più frequentemente in primavera ed autunno; e sono talora preveduti dagli animali, che si mostrano agitati e spaventati da una cagione ignota.

I terremoti sono per lo più preceduti da rumori sotterranei, detti *rombi*, che, seguendo lo Spallanzani, si possono paragonare allo strepito di carra che scorrano precipitosamente sopra un ponte selciato. Talvolta però avvengono senza esser preceduti da rumori, tal'altra si odono rumori sotterranei senza che siano seguiti da terremoti. Quelli di Calabria e di Lima furono preceduti da rombi; quelli di Lisbona e Riobamba no. A Guanaxato nel Messico si udirono nel 1784 rumori per un mese senza alcun terremoto (*).

Dopo il rombo d'ordinario avvengono le *scesse*, le quali in generale sono il fenomeno d'un momento. Ogni scossa dura pochi secondi, ma si ponno ripetere le scesse per mesi ed anni: la Toscana per esempio sentì rombi e lievi scesse per tutto l'autunno che seguì alla grande scossa del 14 agosto 1846.

I moti del suolo prodotti dalle scesse sono di varia natura. Diconsi *ondulatorii* quando il suolo è successivamente innalzato in varii luoghi, imitando l'andamento delle onde del mare; *succussorii*, quando viene spinto dal basso all'alto; *vorticosi*, quando è scosso all'ingiro, come l'acqua

(*) Nel terremoto che si fe' sentire l'anno scorso, prima nell'Arcipelago greco e poi in tutta la Lombardia, nel Tirolo, ecc., il rumore fu udito da pochi; il professor Balsamo però, che si trovava all'aperta, disse d'averlo distinto benissimo.

in un vortice, e sono prodotti dall'incrociarsi di scosse ondulatorie aventi varie direzioni. Gli ultimi sono i più terribili, giacchè ad essi nulla può resistere. Talvolta le scosse si fanno sentire in luoghi ristretti, come nel terremoto dell'isola d'Ischia: tal'altra comprendono un'estensione di terreno immensa, come in quello di Lisbona, che scosse tutta Europa e le coste dell'Islanda, dell'Africa e dell'America.

61. Effetti dei terremoti. — I principali effetti dei terremoti sono sollevamenti ed abbassamenti di contrade più o meno vaste; aprimento di crepacci che rimangono aperti oppure rinchiudono e schiacciano gli edifizii, gli animali e le piante in essi cadute; la scomparsa di alcune sorgenti d'acqua e la comparsa di altre nuove; cangiamenti di corso nei fiumi e ne' torrenti; rotture considerevolissime delle coste; tremiti e crollamenti di promontorii, e ben anche di montagne intiere, ecc.

Esempi particolari degli effetti dei terremoti. — Per avere un'idea di quanto possa cagionare un terremoto, basta accennare i principali effetti accaduti in quelli della Calabria nel 1783, e della Toscana nel 1846, i quali sono in Geologia molto importanti, non tanto per l'estensione del terreno smosso e per i sollevamenti ed avvallamenti avvenuti, quanto per essere stati osservati e descritti da molti, che seppero trarne il maggior profitto possibile.

Il terremoto di Calabria si manifestò su tutta la Calabria Ulteriore, sulla parte orientale della Citeriore, e al di là del mare fino a Messina e suoi contorni. Deboli scosse però furon sentite anche per tutta la Sicilia e fino a Napoli. Il terreno maggiormente scosso consta di strati calcareo-argillosi e sabbiosi con conchiglie marine, appoggiati su granito o sopra rocce analoghe, che formano gli Appennini di quel luogo. Il centro del suolo sconvolto fu nella città d'Oppido. La prima scossa, del 5 febbrajo 1783, distrusse in due minuti tutte le case e città in tutta la Calabria Ulteriore e presso Messina. La seconda scossa ebbe luogo il 28 dello stesso mese. La catena granitica dell'Appennino venne però poco scossa in questi due giorni. Gli strati argillosi che si appoggiavano sui graniti ne vennero divelti in quelle scosse, e lasciarono alla scoperta il granito. La superficie del paese si sollevò qua e là a guisa delle onde del mare agitato, ciò che occasionò un mal essere analogo al mal di mare. Alcuni alberi, fermi al suolo pel loro tronco, s'inclinaron talora, durante le scosse, fino al suolo, lo toccavano colle loro frondi, e di nuovo si rialzavano. A Messina il suolo fu inclinato verso il mare, e in parecchi luoghi

il fondo di questo fu sollevato e sconvolto. In molte città si sollevarono alcune case ed altre s'abbassarono; una gran torre fu fessa in due ed una parte ne fu sollevata, l'altra lasciata al suo posto; i muri di rivestimento dei pozzi furono spinti fuori di terra a guisa di piccole torri; in due obelischi le pietre furono sconnesse, ma non rovesciate, e rimasero disposte in un modo assai bizzarro. Nel suolo si apersero fessure a raggi (fig. 26), a mezzaluna, ecc., i cui lembi cangiavano spesso di livello (fig. 27); esse si chiusero ed aprirono più volte, ingoiando case, alberi ed anche animali, i quali talvolta però, caso strano, furono rigettati ancora interi



Fig. 26.



Fig. 27.

e vivi. • Un abate che fuggiva, narra il Pilla, ebbe tutt'ad un tratto uno de' suoi piedi incarcerato in una fenditura che si aprì sotto i suoi piedi e tosto si richiuse; il povero abate si credè perduto, ma in men che non batteva, il terreno si riaprì, ed ei poté ritirarne libero il piede. • Si formarono abissi in forma d'anfiteatro, fessure d'ogni dimensione, laghi circolari alimentati da sorgenti sotterranee; le pietre dei selciati furono talora gettate in alto e ricaddero capovolte al lor posto; i corsi dei fiumi furono fermati da frane immense; tutte le terre furono smosse, e confuse le proprietà; case intere furono portate a grandi distanze per lo sdrucciolare degli strati; le acque del mare invasero le spiagge e portaron via barche, vascelli e marinai, che andarono perduti. Durante questo terremoto sembra che lo Stromboli e l'Etna abbiano diminuito di forza nelle loro eruzioni.

Nel terremoto di Toscana avvennero fenomeni analoghi ai suaccennati. • Molte persone, narra il Pilla, osservarono le mura degli edifizi aprirsi e chiudersi con la velocità del fulmine; inoltre le aperture furono così ampie che permisero alle persone ch'erano nell'interno degli edifizi di vedere gli oggetti ch'erano fuori di questi. Nel paese di Lorenzana, sulle colline di Pisa, fu veduto un muro aprirsi e dilatarsi talmente che una persona fuggendo avrebbe potuto passare per la fenditura prodotta... Tali aperture si rinchiusero nell'istante medesimo che si produceano; quindi, cessato lo scuotimento, non rimasero che piccoli segni delle medesime, cioè fessure

di poche linee di ampiezza... In una chiesa di Livorno si abbassò d'un decimetro la pietra che serviva da serraglio ad un arco, per la subitanea dilatazione e chiusura velocissima di questo. »

Dopo le scosse avvengono spesso altri fenomeni singolari. Ora sono piogge dirottissime non solo nel paese in cui avvenne il terremoto, ma anche nei circonvicini, come nel 1846 in Toscana; ora son globi di fuoco a guisa di bolidi che attraversano l'atmosfera, come si videro in Calabria ed in Toscana.

Nel terremoto del Chili si sollevarono grandi spazi di terreno, per l'estensione di circa 100,000 miglia quadrate, all'altezza di oltre un metro. Nelle Indie il suolo, abbassatosi in un luogo in modo da sommergere nel mare un fortino che vi sorgeva, si alzò in un altro luogo ad intercettare il corso d'un fiume.

Quando i terremoti avvengono in luoghi vulcanici ne derivano avvallamenti e scoscendimenti di tale estensione che intere montagne sprofondano e danno luogo alla formazione di grandi laghi e vallate: però avviene spesso che tali fatti siano esagerati dalla fantasia degli scrittori; per il che giova andar molto cauti nel prestar fede ai racconti più maravigliosi.

Anche il mare ha i suoi fenomeni durante i terremoti, e sono un'agitazione grandissima e spesso anche scosse così forti da sembrare ai naviganti d'aver urtato in qualche scoglio.

62. Modo d'operare dei terremoti e sue conseguenze.

— L'argomento del modo d'operare dei terremoti fu dal Pilla trattato a lungo, partendo dalle prime idee di Young. Egli considera i terremoti come onde sonore che si trasmettano per mezzo delle parti solide della terra con una energia straordinaria. Il fatto noto in Fisica chesè, in una fila di palle elastiche, si percuota la prima nella direzione dei contatti, la sola ultima si stacca e si pone in movimento, spiega, secondo un tal modo di vedere, i varii effetti dei terremoti. Così, allorchè le ondulazioni avvengono in un suolo continuo, esse si trasmettono in tutte le parti senza produrre spostamenti, che se invece v'ha interruzione, le ultime parti tendono a staccarsi; e ciò è precisamente quel che in generale si osserva in fatto. Nelle pianure continue, anche composte di rocce incoerenti, gli effetti dei terremoti sono pochi; nelle colline e montagne di rocce solide e consistenti le scosse si propagano in un istante, ma non si staccano le parti estreme, e perciò i disastri sono ancora minori; finalmente nelle alture composte di rocce friabili e poco consistenti lo staccarsi delle parti più superficiali

avviene nel più alto grado d'energia, e i danni riescono maggiori. Succede quindi in natura ciò che si osserva sui carri carichi di sabbia e di pezzi di granito che si muovono sopra un selciato; ad ogni scossa che soffra il carro i pezzi di granito non sottostanno che ad una rapida scossa, ma non si stacca alcuna parte della loro superficie; mentre gli strati superficiali di sabbia si vedono in continuo moto, presentando scosse, fessure e tutti i fenomeni che accompagnano i terremoti. Da tutto ciò vedesi che non si può considerare come centro d'azione d'un terremoto il luogo ove i suoi effetti furono più sensibili, ma sibbene il punto da cui si possono considerare partite le ondulazioni che lo produssero.

Osservando infine che in generale i terremoti sono più frequenti nelle isole, sulle coste e nei paesi vulcanici che nell'interno delle terre e lungi dai vulcani, si dedusse con ragione che terremoti e vulcani sieno fenomeni fra loro assai collegati. È dunque molto probabile che abbiano origine dalla stessa causa: ma di ciò parleremo più avanti.

Lente variazioni di livello del suolo.

63. Variazioni di livello del mare. — Non solo i subitanei scuotimenti possono far variare il livello del suolo, ma anche i sollevamenti o abbassamenti lentissimi, al punto da non accorgersene che col volgere dei secoli. Tali sono i cangiamenti di livello che avvengono nella Svezia, nel regno di Napoli, in America, ecc.

Celsio dapprima, poi Linneo, De Buch, LyeH e molti altri trovarono avvenire realmente delle notevoli variazioni di livello nel mar Baltico, lungo le coste della Svezia. L'osservazione poi che il livello del mare si abbassa in alcuni luoghi, e non già in tutti della medesima quantità, che in altri rimane stazionario, e in altri ancora si alza gradatamente, prova all'evidenza non essere il mare che varia di livello, giacchè esso varierebbe da per tutto egualmente, ma

sibbene il suolo che in alcuni luoghi si muove di lentissimo moto. Dalla somma delle osservazioni risulta che le coste di Svezia s'innalzano continuamente al nord di Stoccolma, e si abbassano invece al sud di quella città. Un fenomeno analogo avviene sulle coste della Scozia, ove trovansi oggidì al disopra del livello del mare molte tracce dell'antico suo livello in certe solcature delle rocce dette nel paese *strade parallele* o di *Fingal*.

Nelle coste d'Italia sono numerosi gli esempi di lenti variazioni di livello. Nelle rovine del famoso tempio di Serapide, in riva al mare presso Pozzuolo, le colonne rimaste in piedi ed all'asciutto portano oggidì a metà altezza le tracce di escavazioni simili a quelle fatte dai molluschi che corrodono le rocce appena sotto il livello del mare; ciò prova che una volta il mare era molto più alto che non è attualmente. Mentre oggidì il suolo di quel tempio è al livello del mare, si scoperse sotto ad esso un altro suolo simile; e in ciò si ha una prova che in altri tempi il mare era più basso che non adesso. Queste ed altre simili osservazioni in altri luoghi vicini confermano l'opinione che il livello del mare siasi più volte cangiato in quel golfo.

Molti altri fatti consimili si possono citare in Italia. Così una parte di Napoli era altre volte un porto; alcune cloache della stessa città furono rifatte perchè di troppo inferiori al livello del mare; le rovine del palazzo di Tiberio nell'isola di Capri sono ora quasi tutte sott'acqua; presso Gaeta ed al capo Circeo presso Terracina vedonsi balze con tracce di molluschi scavatori a molta altezza sull'attuale livello del mare; molte antiche costruzioni trovansi più o meno sommerse presso Civitavecchia, al capo Argentaro, a Bari nella Puglia, sulle coste della Dalmazia, ecc. Invece nel golfo della Spezia, nell'isola di Ponza ed in altri luoghi d'Italia non si trovano tracce di variazioni nel livello del mare. Da ciò è forza dedurre che anche in Italia non è il mare che cangia di livello, ma invece è la terra ferma che sottosta a movimenti lentissimi e molto varii nei differenti luoghi. E da tutto ciò vuolsi conchiudere che la cor-

teccia solida del globo sia alquanto elastica, prestandosi facilmente ai movimenti che le forze interne le comunicano, e tendendo a ritornare sopra sè stessa quand'è cessato l'impulso che l'ha sollevata.

Vulcani.

64. Relazione tra i fenomeni vulcanici ed i terremoti.

— *Fenomeni vulcanici* sono quelli che si producono in certi monti speciali, conici, i quali, per mezzo d'un'apertura centrale o di altre vie, eruttano vapori, materie incoerenti, come sabbie e sassi, e materie fluide e fuse, come le lave.

Il collegamento dei terremoti e dei fenomeni vulcanici è in parte dimostrato da ciò, che quasi ogni eruzione vulcanica è accompagnata da terremoto, e quasi ogni terremoto avviene quando cessano le eruzioni in qualche vicino vulcano. Così le eruzioni dell'Etna e del Vesuvio sono quasi sempre accompagnate da terremoti: quando Lisbona rovinava per un terremoto, il Vesuvio cessava di fumare; e non mandava più fumo il vulcano di Pasto nelle Ande al momento del terremoto che distrusse Riobamba, 36 miriametri lungi da quel vulcano.

65. Formazione di vulcani. — Esempi di formazioni di vulcani nelle epoche storiche sono: il Monte Nuovo presso Napoli, il Vesuvio, l'Iorullo in America, e varie isole vulcaniche.

Nel 1538, dopo un violento terremoto, il suolo tra il lago d'Averno, il Monte Barbaro e il mare si osservò sollevato a modo di vescica e attraversato da numerosi crepacci, dai quali uscivano acque calde: il mare s'era ritirato per 200 passi. Dopo qualche tempo quel monte cominciò ad eruttare fiamme, ceneri, acqua e pomici che coprirono il terreno tutt' all' intorno. Cessata l'eruzione, si trovò un monte conico (fig. 28), alto più di 400 piedi sul livello del mare, e avente alla sommità una cavità

ad imbuto che scendeva fin quasi al livello del mare. Tale fu l'origine del *Monte Nuovo*.

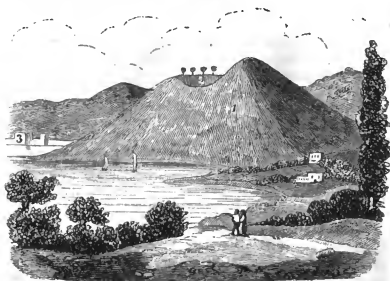


Fig. 28. — *Monte Nuovo presso Napoli (*)*.

Il Vesuvio (fig. 29) è al presente composto d'un monte conico, detto propriamente *Vesuvio*, che s'innalza nel centro d'un altro monte a semicerchio, detto *Monte Somma*.



Fig. 29. — *Veduta del Vesuvio attuale*.

Ora non solo la natura delle rocce che compongono il Somma e il Vesuvio fa supporre che siano di epoca e di origine diversa; ma lo prova ben anche la storia. Strabone

(*) 1. Cono del Monte Nuovo; 2. Cratere; 3. Sorgente termale, chiamata Bagni di Nerone.

descrisse il solo Monte Somma (fig. 30); ed ora è quasi certo che nell'eruzione del 79 dopo Cristo, durante un



Fig. 30. — *Il Vesuvio ai tempi di Strabone.*

immenso sconvolgimento di quel monte, siasi formato nel suo centro il Vesuvio, e che dai rottami di una parte del Somma siano provenuti i materiali che seppellirono Ercolano e Pompei.

Il paese ove adesso sorge il vulcano Iorullo in America era, prima del 1769, un paese piano e coltivato, attraversato da due fiumicelli. Nel mese di giugno di quell'anno si udirono rumori sotterranei, cominciarono dei terremoti. e verso la fine del settembre la pianura si vide sollevata a mo' di vescica e tutta disseminata di piccoli crateri conici che eruttavano fiamme e lave, come pure altri sei grandi con i che si formarono dappoi sull'alto di quella gibbosità. Il centro di questa giunge ora all'altezza di 168 metri sul livello primitivo della pianura, e il più alto cono centrale si elevava di 483 metri sul medesimo livello.

Esempi di vulcani sottomarini formati in epoche storiche sono: le isole di Santorino, nell'arcipelago greco, comparse in varie epoche ben note; una delle isole Aleuziane, uscita dal mare nel 1796, e quella Ferdinandeia, sorta presso la Sicilia, fra Sciacca e la Pantellaria, nel luglio del 1831, che eruttò fumo, scorie e ceneri, e fu in breve distrutta dalle onde. In siffatti fenomeni vedesi dapprima un getto d'acqua innalzarsi dal mare, poi un getto di vapori e un bollicare delle acque tutt'all'intorno, ed una quantità di ceneri e pomici galleggianti sulle onde. Spesso quel nuovo vulcano non s'innalza sino alla superficie delle acque, e forma soltanto un sollevamento del fondo del mare. Talora

invece giunge alla superficie e dà origine ad una nuova isola, come avvenne delle già citate. Queste poi possono rimanere, ed anche crescere in estensione e altezza per successivi sollevamenti, come avvenne delle isole di Santorino, o possono scomparire per l'azione erosiva delle onde, come fece l'isola Ferdinanda. Quest'ultima, in una vita di tre mesi, ebbe dai varii visitatori i seguenti nomi: Nerita, Ferdinanda, Hotham, Graham, Corrao, Sciacca, Giulia.

66. Definizione e forma d'un vulcano. — Si può definire un vulcano: l'orificio pel quale l'interno della terra si pone in comunicazione coll'esterno, e da cui vengono rigettate lave, ceneri, pietre pomici e vapori. Le eruzioni avvengono ora per l'orificio principale, ora per altri orificii laterali e secondarii, ma sempre da monti la cui forma è conica, talchè questa riesce quasi sempre il primo distintivo dei monti vulcanici.

67. Cratéri. — In generale chiamansi *cratéri* gli orifici in forma d'imbuto, collocati alla sommità dei con vulcanici, ed alla fine del canale che mette in comunicazione l'interno del globo coll'esterno. Ricevono però il nome di crateri anche le aperture dei con avventizii o parassiti che si formano talora sulla superficie d'un vulcano, là dove escono le lave dalle spaccature del monte. I crateri diconsi *di sollevamento* o *di eruzione*, secondo la loro diversa origine. Diconsi *crateri di eruzione* quelli che provengono dalle materie eruttate, le quali, spinte dal vulcano anche a grande altezza, ricadono all'intorno dell'apertura e danno origine ad un monticello conico aperto, a foggia d'imbuto nel suo centro, che mette al canale principale del vulcano. Diconsi poi *crateri di sollevamento* gli altri, che hanno origine dal sollevamento del suolo e dalla rottura degli strati di rocce preesistenti, per effetto di una spinta sotterranea. È facile capire come si possa credere, con Elia di Beaumont, che non tutti gli strati della corteccia solida siano sollevati insieme per formar un vulcano, ma che lo siano solo i più superficiali, trovandosi negli strati inferiori una fessura che arrivi fino al nucleo fuso. I *cra-*

teri di sollevamento presentano un cono di poca inclinazione all'esterno, ma il cui imbuto interno ha un pendio molto scosceso. Questo cono poi è composto di strati d'uniforme grossezza, i quali, stendendosi orizzontali da ogni parte nel paese circostante, s'innalzano tutti regolarmente dal lembo inferiore del cono verso la sommità centrale. Le loro sezioni sono quindi orizzontali tutt'all'intorno delle rapide pareti dell'imbuto centrale, e inclinate all'orizzonte nelle spaccature che attraversano gli strati dal centro del cono alla sua circonferenza. Queste spaccature, che a guisa di raggi partono dal centro del cono e attraversano gli strati sollevati, e che di solito si riempiono di rottami, di lave o di altre rocce vulcaniche, sono forse il più importante carattere dei crateri di sollevamento, appunto perchè quegli strati non sarebbero così fratturati se non fossero stati sollevati da una forza sotterranea. I *crateri di eruzione* presentano un cono di forma analoga a quello dei precedenti; ma in essi o non si distinguono strati regolari, oppure non hanno uniforme grossezza e composizione su tutta la loro estensione, e mancano delle spaccature dirette a guisa de' raggi dal centro alla circonferenza.

68. Esempi di crateri. - Etna. — Per avere una chiara idea dei crateri delle due specie, giova studiare un po' in particolare la forma e la costituzione dei principali vulcani d'Italia.

L'Etna è un monte isolato, conico in generale, di non molta elevazione in confronto all'estensione della sua base, e che si divide naturalmente in varie regioni. Il terreno che termina insensibilmente colle pianure circostanti comincia a rialzarsi per 2 o 3 gradi verso il monte, ed è fertile oltremodo là dove trovansi le lave più moderne; vien detto *Regione coltivata* o *piemontese*, e da E. di Beaumont *terrain bombé*. Segue, sopra questa, un cono molto piatto, colle pendenze di 7 a 8 gradi, detto *Bosco*, o *Regione selvosa*, o *nemorosa*, interrotta soltanto dai coni di scorie parassiti, fra i quali è celebre il Monte Rosso, che nel 1669 eruttò una corrente di lava che giunse al mare presso Catania:

E. di Beaumont chiama questa regione *talus laterali*. Viene in seguito la *Gibbosità centrale*, o *Montagna*, o *Mongibello*, o *Regione deserta*, scoperta, netta. È dessa formata verso ponente dal rialzo che termina in una pianura detta *Piano del lago*, o *piano arenoso*, sul quale stanno la *Casa inglese*, la *Torre del filosofo* (*), e, nel mezzo, il cono principale o cratere centrale. Questo cratere offriva dapprima due punte, ma ora una di esse è crollata, ed havvi in sua vece un cratere



Fig. 31. — Carta dell'Etna e suoi dintorni (**).

(*) La Torre del filosofo, il punto più alto dell'Etna che non soffra variazioni in altezza per le eruzioni, è, secondo E. di Beaumont, a 3313^m,50 sul livello del mare.

(**) 1. Cono terminale; 2. Piano del lago; 3. Monte Zoccolaro; 4. Monte delle Concazze; 5. Casa inglese; 6. Torre del Filosofo; 7. Motta Sant'Agata; 8. Monte Paporia; 9. Monte Minardo; 10. Grotta dei palombi.

secondario. Da questo nocciolo più alto partono, verso levante, due braccia che offrono i pendii di 32° verso la pianura, e le pareti assai dirupate verso la valle estesissima che comprendono, e che dicesi *Valle del Bove*. Per meglio intendere la forma dell'Etna e la sua costituzione, aggiungiamo qui uno schizzo della carta topografica (fig. 31), ed una delle vedute dell'Etna (fig. 32), che E. di Beaumont pubblicò a corredo delle sue *Memoires pour servir à une description géologique de la France*, ecc.

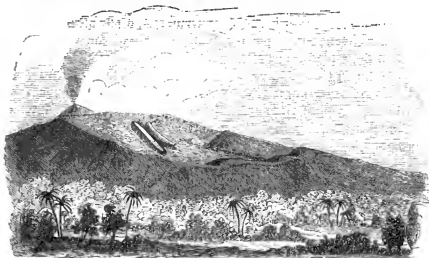


Fig. 32. — La gibbosità centrale dell'Etna veduta dal Ponte d'Alcantara (*).

Nell'Etna non sembra trovarsi un vero cratere di sollevamento, od almeno questo non è compito; giacchè la Valle

(*) In questo disegno (che troppo tardi ci accorgemmo essere stato capovolto in modo che si trovano a destra le parti che dovrebbero essere a sinistra e viceversa), vedesi sul davanti la *regione selvosa*, sulla quale sorge la *gibbosità centrale*. Sul davanti e alla sinistra s'innalzano i *Monti dette Concazze*; dietro di essi e delle loro propagini, che si stendono sul davanti, si presenta la *Valle del Bove*, che scende dal Piano del lago verso la pianura; al di là di questa s'innalza il *Monte Zoccolaro*, e dalle pareti scoscese, che questo monte volge all'osservatore, partono, scendendo nella Valle del Bove, due rialzi, in forma di argini, che ricevono i nomi di *Rocca gianicola* e *Rocca del Solfizio*. È in quest'ultima che si osservano i diechi di lava delineati nella figura 36.

del Bove, che presenta molti particolari di questa specie di crateri, sembra piuttosto prodotta da un crollamento della volta che era dapprima formata dagli strati di lava sollevati.

69. Vesuvio. — Nel Vesuvio e nei piccoli vulcani li vicini veggonsi meglio che all'Etna le distinzioni fra i crateri di sollevamento e quelli di eruzione. Il Vesuvio è composto, come si è già detto, di due parti ben distinte: l'una quasi invariabile, il *Monte Somma*, che forma un semicerchio montuoso, poco inclinato verso la pianura, scosceso e dirupato verso il Vesuvio, composto di strati regolarissimi, tutti sollevati verso il centro del vulcano, e che all'intorno di esso divengono a poco a poco orizzontali formando il suolo della pianura; l'altra, il *Vesuvio* propriamente detto, che è un grandissimo cono formato dalle materie eruttate. Sopra questa v'ha il grande cratere, formato da una cavità press'a poco circolare, sul fondo piano della quale ora s'innalza un cono di materie incoerenti rigettate in un'eruzione, ora si formano parecchi di questi con, ed ora invece si aprono grandi voragini, prodotte dal crollamento di que' coni avventizii. La figura 33 può dare un'idea della struttura interna di questo vulcano (*).

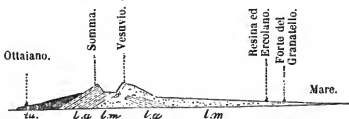


Fig. 33. — Spaccato teorico proporzionale del Vesuvio e del Monte Somma, da Ottaviano a Resina (**).

(*) La punta più alta del Vesuvio diceasi *Punta del Palo* (alta 1185^m sul livello del mare); le falde del cono del Vesuvio, là dove il pendio diviene assai più dolce verso il mare, diconsi le *Piane*; e la valle semicircolare racchiusa fra il cono del Vesuvio e le pareti scosceso del Somma riceve il nome di *Atrio del Cavallo*.

(**) Spiegazione delle lettere: *tu* strati di tufo vulcanico rialzati sul dorso del Monte Somma; *L.a* strati di lave antiche sollevate a formare lo stesso monte; *L.m* lave moderne formanti il cono del Vesuvio e ricoprenti i suoi fianchi verso il mare.

70. Campi flegrei. — Disposizione analoga a quella dell'Etna e del Vesuvio ci offrono i piccoli crateri dei *Campi flegrei*, presso Napoli. Il suolo di tutto il paese è in generale formato di strati regolarissimi e orizzontali di tufo vul-

Camaldoli.

Pianura.

L. d'Agnano.



Fig. 34. — Spaccato da Camaldoli al lago d'Agnano.

canico (indicati con *tu* nelle varie figure) sollevati qua e là per formare i crateri. Così a *Camaldoli* (figura 34) la collina forma un semicerchio, in cui gli strati si sollevano con debole pendio e quasi insen-

sibilmente dalla pianura circostante, e trovansi rotti ed a pareti scoscese verso il centro del semicerchio. La pianura poi che sta in quel semicerchio è formata da trachite (*tr*), che si mostra allo scoperto nel suolo ov'è fabbricato *Pianura*. La *collina d'Astroni* (fig. 16, pag. 359) offre un altro cratere di sollevamento, gli strati di tufo sollevati tutt'al'intorno della cavità centrale, e rotti e scoscesi verso l'interno e il nucleo di trachite che si solleva nel centro, mostrano abbastanza chiaramente il modo di formazione di quella collina a circo. La

Solfatarà (fig. 35) è un'altra collina d'eguale origine. Gli strati sono qui pure sollevati dalla trachite



Fig. 35. — Spaccato della Solfatarà presso Pozzuoli (*).

escita pel suo centro; ma sono anche attraversati lateralmente da un ammasso della stessa roccia che vi si fece strada, senza produrre un cratere. La trachite poi, nel punto più alto, manda continui getti di vapore acqueo e altre sostanze aeriformi. Altri crateri di sollevamento nei Campi flegrei sono: il Monte Barbaro, l'avvallamento occupato dal lago d'Averno e il Monte Nuovo, la cui storia fu già narrata.

(*) Fra le trachite (*tr*) e gli strati di tufo vulcanico (*tu*) trovansi in s l'ammasso di sabbie con solfo scavato per estrarne questo minerale.

Così, riepilogando, sono *crateri di sollevamento* il Monte Somma e le colline dei Campi flegrai, e sono *crateri di eruzione* il Vesuvio propriamente detto, il cono centrale e terminale dell'Etna, e tutti i coni avventizi che si formano sui *talus laterali* di questo vulcano.

Altri esempi e molti si avrebbero in Italia e fuori di crateri dalle due specie. Così l'estinto vulcano di *Roccamonfina*, in Romagna, che offre un semicerchio di strati sollevati e alternanti di tufo e leucitosiro, e nel suo centro un monticello di trachite, e parecchi altri monti dell'Italia centrale sono crateri di sollevamento. E, per passare dai vulcani piccoli e mediocri a quelli di maggiore altezza, il vulcano di Teneriffa, fra gli altri, presenta esso pure il suo semicerchio all'intorno ed il suo cono centrale, focolare della sua attuale attività.

71. Avvallamenti. — Oltre agli esempi di sollevamenti e produzioni di vulcani, ve n'hanno altri che provano la possibilità di avvallamenti anche di grandissima estensione. Il suolo, sollevato a modo di vescica e chiuso, può rimanere vuoto nell'interno pel ritirarsi delle materie aeriformi o delle lave che l'innalzarono; se in allora il suo proprio peso vince la coesione delle parti, esso può rompersi e sprofondarsi d'un tratto, dando origine a valli assai estese. Fu in questo modo che scomparve un'isola vulcanica presso le Azzorre e si formò un abisso al posto del vulcano di Papandayan nell'isola di Java, colla rovina di quaranta villaggi; e tale fu probabilmente l'origine della Valle del Bove all'Etna. Il Chimborazo, che devia il pendolo dalla verticale meno di quello che dovrebbe farlo se tutto il suo immenso volume fosse ripieno di materie minerali, sembra che sia un vulcano già vuoto nell'interno, e in procinto di avvallarsi, come quello di Java e quelli detti Capac-Uruc e Carguairazo, nelle Ande, che rovinarono anch'essi a quel modo in epoche storiche.

72. Isole vulcaniche. — Le isole vulcaniche avrebbero forme analoghe a quelle dei vulcani continentali se questi fossero immersi nell'acqua fino a una certa altezza. Talune

presentano soltanto un cono in eruzione, come l'isola Giulia; altre constano d'un rialzo a semicerchio od a ferro di cavallo, nel centro del quale sorge il cono attivo, e di tale forma sono molte nell'Oceanica, l'isola di Vulcano nelle Lipari, ecc.

73. Crateri e cono terminali dei vulcani. — Alla sommità del gran cono d'un vulcano (per esempio su quello collocato nel Piano del lago all'Etna, su l'altro che forma il Vesuvio propriamente detto, ecc.) v'ha una grande apertura ad imbuto, detta *cratere principale*. Entro di essa si solleva quasi sempre un piccolo cono, formato di sostanze incoerenti, e con un'apertura terminale che comunica colla cavità sotterranea del vulcano e coll'interno del globo; quest'ultimo cono dicesi *cono terminale*. Quasi ad ogni eruzione esso varia di altezza e di forma; così nel Vesuvio, dopo l'eruzione dell'agosto 1834, si videro ampie voragini in luogo di parecchi cono che dapprima si innalzavano nel cratere principale.

Il diametro del cratere principale nella maggior parte dei casi non è in proporzione coll'altezza del vulcano. L'interno dei crateri poi offre di rado alcun che di notevole; in tempo di eruzione non vi si può avvicinare e non è quindi possibile farvi alcuna osservazione; negli altri tempi presentano in generale il fondo solido, le pareti scoscese, tutte ricoperte di lave spugnose, pomici, scorie, ceneri, ecc., fra le quali sgorgano qua e là piccoli getti di vapore acqueo e di varie altre sostanze. Il silenzio poi e il disordine che regna in quei luoghi fanno dei crateri inattivi un luogo tetro e direi quasi sepolcrale. Lo Spallanzani però vide, l'anno 1788, nel cratere di Stromboli la lava fusa, la quale alternativamente si gonfiava, si alzava, rigettava un'immensa bolla di vapori insieme a scorie, lapilli, ceneri e bombe vulcaniche della stessa sua materia fusa, e lentamente si abbassava per riascendere di nuovo di lì a poco e rigettare nuove materie; e sempre poi bolliva tumultuosamente alla sua superficie. Nel cratere dell'isola di Vulcano, Dolomieu vide dello solfo fuso; in quello del

vulcano di Ovaïhi (una delle isole Sandwich), che ha due leghe di circuito e mille piedi di profondità, la lava bolle formando un immenso stagno rovente, e getta vapori e fiamme.

74. Vulcani attivi, in riposo e spenti. — Nei vulcani si osservano due periodi ben distinti: nell' uno si eruttano materie infuocate, vapori, lave, ecc., ed allora i vulcani diconsi in *eruzione*; nell'altro periodo i fuochi sono sopiti, non si rende palese l'azione vulcanica se non per il calore del cratere, il fumo e le materie gazoze che ne escono, ed allora i vulcani diconsi in riposo. La durata di questi periodi è variabilissima. Humboldt osservò che le eruzioni sono tanto più frequenti quanto men grandi sono i vulcani; lo Stromboli, ch'è il più piccolo che si conosca, è continuamente in azione; frequenti sono le eruzioni al Vesuvio, meno frequenti all'Etna, rare al Picco di Teneriffa, rarissime al Cotopaxi ed al Tungouragua. Talora avvengono dei periodi di riposo assoluto così lunghi da perdersi la memoria delle eruzioni dei vulcani: così avvenne nel Vesuvio, che nell'anno 79 dopo Cristo era abitato come ogni altro monte, congetturandosi soltanto dall'aspetto delle pietre l'antico suo stato. Ma questi lunghi riposi sono spesso seguiti da terribili eruzioni, quale fu appunto quella del Vesuvio, che sepellì Ercolano e Pompei, rompendo gran parte del Monte Somma e formando il cono centrale oggidì chiamato Vesuvio. Molti vulcani non hanno che poche tracce di attività; altri non ne offrono alcuna e diconsi perciò *spenti*, riconoscendosi la loro natura soltanto dalla forma e dalle sostanze di cui sono formati.

75. Eruzioni vulcaniche. — Allorchè i vulcani stanno per incominciare un'eruzione, avvengono dei terremoti più o meno lunghi, più o meno continuati nel mentre che comincia a levarsi dal cratere un pennacchio di fumo accompagnato da sbuffi di minuzzoli infuocati e da rumori sotterranei che si succedono ad intervalli. Poi comincia un getto di vapore dalla bocca del vulcano, getto talora sì copioso e forte da produrre quasi una colonna di fumo

avente la forma d'un pino e di altezza variabilissima, talora persino di 3000 metri. Questo fumo in generale non è composto sul principio che di vapore acqueo, insieme con poca quantità di altre sostanze aeriformi, e più tardi è misto a grandissima quantità di ceneri e di sabbie, ed accompagnato da lampi e da vere fiamme, le quali poi, riflesse nei vapori, producono quell'insieme generale che fa apparire l'eruzione come un incendio. L'esistenza delle fiamme fu provata dalle osservazioni di molti, e specialmente del Pilla; quella dei lampi fu verificata nell'eruzione del Vesuvio del 23 gennaio 1849, e sembra dovuta all'attrito dei vapori acquei contro le pareti del cratere, come avviene in alcune sperienze fisiche.

Il getto dei vapori è accompagnato da quello di ceneri, sabbie, lapilli, scorie e bombe. Provengono le ceneri e le sabbie dai rottami delle pareti del condotto vulcanico e degli ostacoli frapposti che vengono gettati in aria dai vapori; altre sabbie, i lapilli, le scorie e le bombe sono masse più o meno voluminose di lava fusa, che vengono lanciate in aria e vi si suddividono più o meno, ora raffreddandosi istantaneamente (sabbie, lapilli e scorie) ed ora più a rilento, arrotondandosi e producendo con ciò le bombe vulcaniche (*). Le ceneri sono spesso traspor-

(*) E qui ne piace riportare un brano in cui il Pilla descrive un'eruzione di materie incoerenti.

« Nella notte del 2 giugno 1833, die'egli, era al suo termine un'eruzione del Vesuvio, ed io mi trovava dentro del cratere... Nel mezzo s'ergeva un cono di scorie prodotto dalle esplosioni del vulcano degli anni precedenti. Sulla sua sommità era aperta un'ampia voragine, per la quale avvenivano l'esplosioni. Siccome l'eruzione volgeva al suo termine, queste erano infievolite e succedevano con un intervallo di 3 o 4 minuti. Ciò m'incuorò a salire sul cono per vedere da presso i fenomeni che le accompagnano, ed il modo come si mostrano dalla bocca. Fortuna arrise al mio disegno. La voragine aveva la forma d'un imbuto; ella era al tutto sgombra di fumo, da quello in fuori che si sollevava dopo l'esplosioni, onde io potea distintamente vedere tutte le parti della cavità e ciò che dentro essa seguiva. Nel fondo dell'imbuto era aperta una bocca, cinta di scorie roventi, la quale aveva la circonferenza di 60 piedi ed altrettanto di profondità visibile. Era quello lo spiraglio del vulcano in azione, il

tate dai venti a grandi distanze, e ponno per la loro gran copia oscurare affatto il giorno. Parrebbe che queste sostanze rigettate dai vulcani dovessero rialzar di molto il suolo e quindi accrescere il volume del monte vulcanico; ma nel Piano del lago, all'Etna, sembra che esse non elevino il suolo se non di un millimetro all'anno, il che sarebbe meno di quello che fa il Nilo nei suoi depositi con cui tende a ricoprire i monumenti di Tebe e di Menfi.

Trovansi sul Vesuvio anche molti *frammenti calcarei*, che a prima giunta sembrano stati rigettati dal vulcano; ma non essendo neppure alterati i fossili che contengono, e trovandosi anche a molta distanza, si può credere che siano disseminati nel tufo stratificato sin dall'epoca della formazione del Monte Somma.

Dopo o verso la fine dell'eruzione delle materie vaporese ed incoerenti succede quella delle materie infuocate e fuse, che nei vulcani attuali diconsi *lave*, e scendono a guisa di torrenti di fuoco per i fianchi e per le falde del

quale si scorgea in tutta la sua chiarezza per la picciola quantità di fumo che si sollevava di dentro. Ecco ciò che seguiva nel momento delle esplosioni. Un gagliardo rumore sotterraneo ed una scossa ondulatoria del cono annunziavano lo scoppio imminente; subito dopo, e in men che non si dice, rapida e vorticosa sbucava dalla bocca una colonna di fumo nero e fuliginoso, il quale, se è lecito comparare le cose grandi alle picciole, si potea rassomigliare a quello che sgorga dalla bocca d'un cannone all'atto del suo scoppio. Ratto come un baleno seguiva all'uscita del fumo un torrente di sostanza gassosa, che, infiammandosi e producendo forte detonazione, spingeva in alto una grandine di sassi infuocati. Ma sopra di ogni altra cosa osservabilissima era l'accensione della sostanza gassosa; la quale, come usciva dalla bocca, produceva una colonna di fiamma con impeto vibrata, e si alzava alquanti piedi, e poi, sollevandosi in alto, si mesceva ai vortici di fumo e cessava di comparire; per modo che chi avesse tenuto l'occhio a livello del ciglio del cono non l'avrebbe scorta. Convienne ciò avvertire, perchè quando si osservano l'esplosioni di una bocca vulcanica da un sito lontano, o dove ella non si scorge, non accade mai di vedere fiamma. • Quella fiamma era violetta, azzurrognola e rossigna, ed il gas appariva infiammato solo al contatto dell'aria. Cessata l'esplosione e caduti i sassi spinti in alto da essa, rimaneva una fiamma minore, leggera o vaga e di bei colori. Sempre si sentiva odore di gas solfidrico o di acido solforoso.

monte. « Allora altro non manca, osserva il Pilla, per rendere questo spettacolo il più sublime e ad un tempo il più terribile che si possa mai vedere. La massa di fumo, ch'è cacciata in alto, si allarga nell'aria, fa velo al sole e copre di tenebre il paese d'intorno; l'oscurità della notte è vinta dall'incendio del vulcano, dai baleni e dai torrenti di fuoco che solcano i suoi fianchi; una pioggia di lapilli, di sabbie, di ceneri cade per grande spazio d'intorno; rumori cupi e fragorosi intronano interrottamente gli orecchi e crescono lo spavento negli animi. Fuggono atterriti gli abitatori dei paesi vicini; in alcuni momenti sembra veder rotto l'ordine di natura, la superficie della terra esser prosima a inabissare. Copvien essere testimonio di tale spettacolo per giudicare di sua grandezza e del terrore che ispira. »

È notabile il fatto che l'emissione delle lave fuse avviene più raramente dal cratere centrale negli alti vulcani che in quelli meno elevati. Così la lava bolle continuamente presso il cratere dello Stromboli e ne sgorga di frequente, mentre non giunge che rarissime volte ai crateri dell'Etna e del Vesuvio, e quasi mai a quello dell'Antisana in America. In questi vulcani più elevati, le lave sgorgano quasi sempre da fessure alla base del monte, le quali d'ordinario sono dirette verso il cratere principale. Talora, nel momento di siffatte eruzioni, si rigetta gran quantità di materie incoerenti, che formano dei coni avventizii, come son quelli così frequenti sul pendio dell'Etna.

76. Correnti di lava. — La lava che forma le correnti è assai densa, e difficilmente vi si può immergere qualche corpo solido. La sua superficie è tutta ineguale, a vortici, ad imbuto, e manda spesso getti di vapore. La velocità del suo moto varia moltissimo; può percorrere un metro in un giorno, in un mese, ed anche 2000 metri in un quarto d'ora. Appena sgorgata è fluidissima, ma presto si fa densa, vischiosa: quando incontra un ostacolo, vi si accumula contro, finchè o lo trae seco o gli gira di fianco e di sopra. Ha tal calore che riduce cristalline le pietre cal-

caree, fonde gli angoli delle pietre quarzose, fonde il ferro e lo sublima in ottaedri. Dopo aver fatto il viaggio di sei chilometri dal cratere dell'Iorullo, la lava, alta 160 metri, fumava ancora 45 anni dopo la eruzione, e riscaldava a 53° l'acqua d'un ruscello che l'attraversava; dopo altri vent'anni fumava ancora, ma l'acqua era meno calda.

La forma delle correnti varia secondo le pendenze del suolo su cui si trovano. Se sgorgano dalla base d'un vulcano e si trovano in pianura, formano immensi laghi di fuoco, che alla fine lasciano un deposito estesissimo di lava compatta ed omogenea, talora dello spessore di 30 e più metri. Se sgorgano dall'alto del monte, scendendo pei fianchi solcano il suolo, s'è di materie incoerenti, e spingono queste avanti a sè, formandosene quasi un argine ai lati e sul davanti. Solidificandosi poi la superficie prima della parte interna, questa, continuando a muoversi, rompe e trae seco i frammenti della crosta, finchè tutto è solidificato, e rimane una striscia, detta *sciarra*, di lave scoriacee e cavernose, coperta di frammenti staccati e mobili, a spigoli taglienti e di difficilissimo accesso. Talvolta infine, fermandosi la crosta e progredendo la materia interna, nè sgorgandone di nuova, la crosta esterna rimane vuota a guisa di caverna o di galleria.

Oltre la forma, varia anche la struttura delle lave secondo la pendenza del suolo; giacchè quando si raffreddano tranquillamente e lentamente, producono masse compatte, talora anche divise in prismi, e quando il raffreddamento è rapido la massa riesce scoriacea e frammentaria.

77. Filoni di lava. — Allorchè la lava esce per le fessure del suolo, queste il più delle volte ne rimangono alla fine ripiene e formano con ciò dei veri *filoni*; che se la lava è più delle altre rocce resistente all'azione distruttiva dell'atmosfera, essa può, dopo qualche tempo, sporgere dalla roccia in cui è rinchiusa e formare dei rialzi che diconsi *dicchi*, dall'inglese *dyke* (fig. 36). Di frequente la lava, uscendo dalle fessure, incontra un suolo orizzontale, e forma non delle correnti e delle sciarre, ma dei cumuli o

degli strati orizzontali e molto estesi; riesce però sempre facile dedurre l'origine di questi cumuli e di questi strati

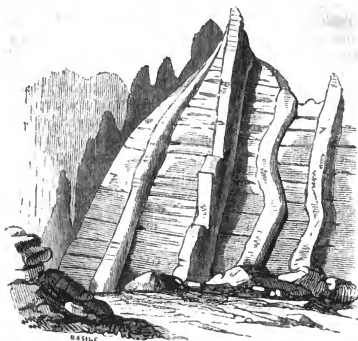


Fig. 36. — *Dicchi alla base della Rocca del Solfizio all'Etna.*

dalla loro relazione coi filoni formati dalla lava nelle fenditure delle rocce preesistenti. Talvolta poi le parti più elevate delle fenditure non si riempiono di lava e danno origine ad ampie grotte, qual è quella famosa dei Palombi all'Etna.

78. Forza vulcanica. — Taluno tentò valutare la forza con cui i vulcani eruttano le lave ed altre materie. Siccome queste possono essere sollevate sin alla cima dell'Etna o dell'Antisana, cioè sino a 3200 metri od a quasi 6000 metri sul livello del mare, se la lava pesasse quanto l'acqua (la pressione di un'atmosfera equivalendo quella d'una colonna d'acqua di circa 10 metri d'altezza) si vorrebbero 320 o 600 atmosfere per sollevarla a quelle altezze. Ma la lava

ha un peso specifico doppio o triplo di quello dell'acqua: dunque ci vorrebbero da 640 a 900 atmosfere per sollevarla sino al cratere dell'Etna, e da 1200 a 1800 per innalzarla sin a quello dell'Antisana. Il vapore acqueo e le altre sostanze aeriformi ci offrono esempi di forze grandissime, ma non quanto quella che vediamo agire nei vulcani. Se però consideriamo che il vapore acqueo avrebbe, dietro i calcoli dei fisici, la tensione di 1000 atmosfere a poco più di 500 gradi, e che la temperatura della lava fusa sorpassa al certo i 7000 gradi, ci sembra non affatto improbabile che il vapore acqueo, o qualche altra materia aeriforme, sia la forza che innalza la lava sino ai crateri dei vulcani. Ma su ciò ritorneremo più avanti.

79. Distribuzione e numero dei vulcani attivi. — L'estensione delle zone vulcaniche è più grande di quello che si creda. La catena delle Ande in America, che quasi in tutta la sua estensione offre numerosi e colossali vulcani; la zona ricchissima di vulcani, che comprende quasi tutti gli arcipelaghi del grande Oceano (Nuova Zelanda, Ebridi, Nuova Guinea, Molucche, Filippine, Marianne, Formosa, Giappone, Kurile), e che col mezzo del vulcano del Kamtsiatka e delle isole Aleuziane si collega colla zona vulcanica americana; e quella che passa per la China, la Tartaria, il Caucaso, l'arcipelago greco, il regno di Napoli, la Sicilia e le Azzorre, sono le grandi regioni in cui si comprendono i vulcani attivi che si possono dire collegati a guisa di catene, ed ai quali si aggiungono pochi isolati, come quelli d'Islanda. Secondo le attuali cognizioni, i vulcani sembrano sorpassare il numero di 254. Ad essi poi vanno aggiunti, per aver un'idea dell'estensione dei terreni vulcanici, i vulcani estinti, come sono quelli di Francia, Transilvania, Ungheria, del Reno e varie regioni vulcaniche sparse qua e là nella nostra Italia, come vedremo più avanti.

80. Solfatare. — Hanno tal nome quei crateri donde da gran tempo emanano soltanto vapori acquei, di solfo e d'altre consimili sostanze. In Italia abbiamo un bell'esempio

di solfatare in quella di Pozzuoli, dove si estraggono alcune pietre alluminose e si scavano pozzi per trarne sabbie e terre ricche di solfo; e dicesi che questi si scavino solo fino a 40 piedi di profondità, perchè più in là s'incontra un calor tale da non potervi reggere.

81. Alluvioni vulcaniche e mofete. — Le eruzioni dei vulcani sono spesso accompagnate da alluvioni ed inondazioni. Nei vulcani più elevati esse vengono prodotte altresì dalla rapida fusione delle nevi che ne coprono la cima, come avviene nell'Etna, ed altre volte da una dirottissima pioggia cagionata dalle nubi accumulate sul vulcano durante l'eruzione. In ogni caso le acque trascinano seco gran quantità di scorie, ceneri e sabbie, che coprono il dorso del monte, formano straordinarii torrenti di fango, che si rovesciano sulle campagne e sui villaggi e recano immensi danni. Da ciò la credenza di eruzioni di fango, che non sono altro che favole pei vulcani d'Europa. Quelli delle Ande però, che mai non emettono lave dai crateri, eruttano spesso del fango, che dicesi *moja*, e che talora contiene avanzi di piccoli pesci eguali a quelli che vivono nei vicini ruscelli, per il che si crede provengano da stagni sotterranei le cui pareti si sieno rotte. Talora però le alluvioni avvengono anche colà per la fusione delle nevi perpetue delle cime, e producono danni ancor maggiori che nei nostri vulcani, veri pigmei in confronto a quelli delle Ande.

Dopo le grandi eruzioni avvengono spesso alle falde dei vulcani copiose esalazioni mefitiche, dette mofete, per lo più composte di gas acido carbonico. Al Vesuvio esse penetrano nelle cantine e in altri sotterranei, e cagionano di sovente la morte di coloro che vi entrano senza le necessarie precauzioni. La produzione di queste mofete ha origine o dall'acido carbonico esalato dallo stesso vulcano, e che attraversa le rocce porose, o dalla scomposizione delle rocce calcaree per l'azione dell'acido cloridrico che si sviluppa dal vulcano.

82. Prodotti vulcanici. — A terminare la storia dei fenomeni vulcanici non rimane che dire qualche parola dei

loro prodotti: essendosi già descritte nella *Mineralogia* le rocce vulcaniche (lava, ossidiana, pomice, trachite, ecc.), non diremo qui che dei prodotti gassosi.

Oltre al vapore acqueo, che forma la gran massa del fumo eruttato dal cratere dei vulcani, si sviluppano altre materie aeriformi: così nel Vesuvio trovansi anche l'acido cloridrico, l'acido solforoso e l'acido solfidrico, predominando il primo; all'Etna, allo Stromboli e nei vulcani d'America abbonda l'idrogeno solforato, il qual gas non si produce in generale che nei vulcani semispentì od alla fine delle eruzioni. La produzione dell'acido carbonico è molto copiosa nei vulcani, e secondo le osservazioni di De Buch, sembra che sia più abbondante verso la fine di qualche eruzione considerevole. Nella solfatara di Java la valle centrale è senza vegetazione, e vi si trovano scheletri di tigri, cervi ed uccelli, che vi caddero asfissati dall'acido carbonico che vi si produce. Nell'Alvernia sono frequenti le grotte che contengono quel gas deleterio; come trovansene abbondanti sorgenti nei terreni vulcanici sulle rive del Reno.

È notevole l'azione distruttiva di queste produzioni aeriformi, la quale dipende dalla temperatura elevata, dalla forza con cui escono e dalla natura chimica di quei gas. Quando v'hanno forti getti di vapore, questi diconsi *soffioni*. In un soffione della solfatara di Pozzuoli il professor Balsamo osservò che la forza con cui usciva era tale da sostenere dei piccoli sassi che vi gettava nel mezzo. In quella località i vapori carichi di acido solforoso o di solfo hanno tramutata la trachite in una roccia bianca, friabile, che contiene molto allume, e fu perciò detta *alluminite*. Aggiungeremo finalmente che insieme con le sabbie e le ceneri eruttate dai vulcani si trovarono molti avanzi di animalletti infusorii microscopici, simili a quelli che incontransi per lo più nelle acque dolci.

Salse, fontane ardenti e incendi di carboni fossili.

83. **Salse, o salmastrale, o vulcani di fango.** — Diconsi propriamente *salse* o *vulcani di fango* certi monticelli da cui vengono di frequente eruttate materie fangose insieme con vapore acqueo, gas idrogeno carbonato e petrolio o alcune materie saline. I principali sono sulle rive del mar Caspio, nella penisola di Tamar nella Crimea, a Nuova Cartagena in America, nelle isole di Java e della Trinità, in Ispagna, in Sicilia e nel ducato di Modena. A dar un'idea di quanto avviene nelle salse bastano pochi cenni su quella delle Macalube in Sicilia. Essa è collocata a sei miglia lungi da Girgenti ed otto dal mare, e s'innalza circa 50 metri sopra gli altri monticelli di gesso e di argilla che la circondano. Alla cima presenta molti piccoli coni di fango; ognun d'essi ha un cratere pieno d'acqua carica di sale e di petrolio, nella quale gorgogliavano, quando il professor Balsamo la visitò, molte forti bolle di gas, che uscivano con piccole detonazioni, e spingevano l'acqua e l'argilla fuori del cratere. Vi erano in oltre delle efflorescenze saline che al sapore sembravano di sale comune e di sale ammoniaco. Frequenti rumori sotterranei e strepitose eruzioni d'acqua, fango, argilla, pietre, gesso, ecc., vi avvengono di frequente nella stagione delle piogge, accompagnate da abbondanti emanazioni di gas idrogeno solforato. Fenomeni affatto analoghi vedonsi nella salsa di Sassuolo nel Modenese.

Essendosi trovato abbondante il sal gemma nelle rocce argillose che formano le salse, e nello stesso tempo disciolto nell'acqua fangose che vi sono contenute, i geologi credono poter ripetere da esso l'origine dei fenomeni di cui abbiamo parlato poc'anzi. Essi dicono pertanto che il sal gemma, bagnato dall'acqua piovana, crepita e lascia uscire le bollicine d'idrogeno che contiene; che questo gas, combinandosi colle sostanze organiche miste all'argilla, si cangia in idrogeno carbonato, e a poco a poco aumenta

di tanto da acquistare la forza di spingere in su le argille rese fangose dall'acqua, producendo le eruzioni; e che infine lo stesso idrogeno carbonato sia talvolta così compresso dalle rocce sotto cui si sviluppa da trasformarsi in petrolio, sostanza molto comune nelle salse, come abbiamo detto testè.

84. Fuochi naturali e fontane ardenti. — Si chiamano *fuochi naturali*, *fontane ardenti* o *terreni ardenti* molte sorgenti di gas infiammabili e specialmente di idrogeno carbonato. Questo gas esce da fessure del suolo, si infiamma all'avvicinarvi un corpo acceso, e produce un forte calore, che talvolta venne utilizzato per cuocere la calce, i mattoni ed anche per rimpiazzare il fuoco nelle operazioni di cucina. Sono frequenti quei fuochi naturali in qualche parte d'Italia: se ne trovano a Pietramala, sulla strada da Bologna a Firenze, a Barigazzo presso Modena, a Velleia, ecc. Se ne incontrano poi anche nella China, intorno al mar Caspio, negli Stati Uniti, ecc.

85. Incendii di carboni fossili. — Oltre i fuochi naturali derivanti dal gas idrogeno carbonato che esce dalle fessure e dai pozzi, vi hanno altre cause d'incendii naturali, e sono gli ammassi di carboni fossili che contengono piriti. Queste, decomponendosi, producono un calore sì forte da infiammare l'idrogeno nato dalla scomposizione dell'acqua, e da appiccare il fuoco anche al carbon fossile. Un tale incendio può talora essere forte in modo da far screpolare il suolo, cuocere le argille, scorificare altre rocce, ecc.; ma più spesso, essendo pochissima la comunicazione dell'atmosfera, l'incendio va con estrema lentezza e dura per secoli interi, non potendosi in alcun modo spegnerlo interamente.

Lagoni, Soffioni e Geyser.

86. Lagoni e soffioni di Toscana. — Diconsi *soffioni* molti grandi fumaiuoli di densi e caldissimi vapori che escono dal suolo ora per alcune fessure ed ora nel mezzo

di laghetti di cui mantengono continuamente calde le acque e che diconsi *lugoni* (fig. 37). Sono molto comuni in To-

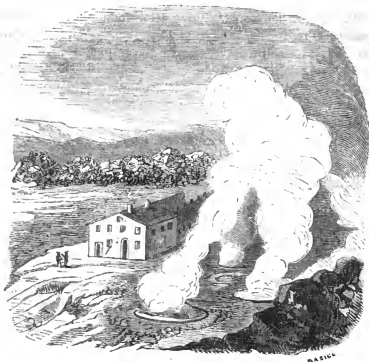


Fig. 37. — *Soffioni di Sasso, nel Volterrano.*

scana, e specialmente nel Volterrano e nel Massetano, ai luoghi di Monte-Cerboli, Castelnuovo, Sasso, Monte-Rotondo, Leccia, Serazzano, Lustignano, ecc. I vapori sono carichi d'acido borico, e servono all'estrazione di questo minerale. Trovandosi i soffioni in mezzo a rocce vulcaniche, si ritiene che siano molto collegati coi vulcani.

87. **Geyser.** — Chiuderemo la descrizione dei fenomeni attuali parlando dei *geyser* dell'Islanda, posti a trenta miglia dal vulcano Ecla. Sono sorgenti aperte in una pianura, la maggiore delle quali esce da un monticello alto due o tre metri, la cui parte superiore è scavata a mo' di sottocoppa ed offre un bacino circolare di 15 metri di diametro

ed uno di profondità. Il monticello è formato dalla materia silicea deposta dall'acqua calda, la quale è alternativamente sollevata e abbassata nel bacino, e viene talora spinta con tanta violenza da formare un getto alto 33 e qualche volta anche 100 metri. Un nuovo geyser, formato nel 1820, slanciò l'acqua a 150 metri d'altezza per un'ora e mezzo, formando una colonna d'acqua del diametro di 17 metri. Questo nuovo geyser al presente rimane per lo più quieto, ma se vi si gettano delle zolle di terra, vedesi l'acqua elevarsi nel pozzo ed uscire con una violenza straordinaria, formando una magnifica colonna.

La teoria più adottata per la spiegazione dei fenomeni che osservansi nel geyser è fondata su quella del calore centrale. Si trovò che i monti vicini ai geyser sono composti di conglomerati e altre rocce analoghe, tutte fratturate, e che la pianura in cui sono i geyser constano di rocce compatte. Si ammette quindi che l'acqua piovana, o prodotta dallo sgelò delle nevi, passi per le fessure del conglomerato e si raccolga in una cavità sotterranea. In questa si suppone che esistano due aperture, di cui l'una comunichi coll'esterno per mezzo d'un canale aperto nella roccia compatta, e l'altra conduca per un altro canale sino alla profondità in cui trovansi le rocce allo stato di fusione. Quando l'acqua è aumentata in modo da uscire per la seconda di quelle aperture, discende sino alle rocce fuse, là si cangia in vapore ed esercita la sua pressione in ogni senso e quindi sin nella cavità in cui è raccolta l'acqua, e spinge questa per la prima apertura fin nel bacino esterno del geyser. Che se qualche ostacolo, per esempio le zolle gettate nel canale sotterraneo del geyser, si oppone alla sua libera uscita, il vapore aumenta la sua tensione sino al punto di vincere l'ostacolo e produrre altissimi gètti d'acqua caldissima, di vapore e di rottami di rocce.

CLASSIFICAZIONE GEOLOGICA DELLE ROCCE

88. **Generalità.** — I geologi hanno due modi di classificare le rocce: le distribuiscono cioè ora secondo la loro origine, ed ora secondo l'età. Il Pilla chiama genealogico il primo modo, cronologico il secondo.

In quanto alla loro origine le rocce si possono dividere in *idriche*, *piriche* e *metamorfiche*, ed ecco su quali argomenti si fonda tale classificazione.

Idriche; *acquee*, *sedimentarie*, o *nettuniche* diconsi le rocce che per la composizione, la struttura e i corpi che contengono, somigliano a quelle che oggidì sono prodotte dall'acqua. Tali sono le sabbie, le argille, le marne, le arenarie e le calcaree, le quali, sì per la loro natura mineralogica come per essere stratificate e per contenere gli avanzi di animali e di vegetali, che diconsi *fossili*, si riconoscono formate dall'acqua. Esse furono anche chiamate *esògene* perchè formate alla superficie del suolo, dal vocabolo greco *exo* che significa *fuori*.

Rocce piriche od *ignee* sono quelle uscite dall'interno del globo allo stato di fusione ignea. Le lave, i tufi vulcanici, le scorie, le sabbie vulcaniche, le ceneri, le ossidiané, che sono eruttate oggidì dai vulcani, appartengono manifestamente a questo gruppo, e in generale si possono distinguere col nome speciale di *rocce vulcaniche*. Le altre rocce, che somigliano alle vulcaniche e specialmente alle lave, ma ne differiscono per la forma e la giacitura, cioè le trachiti, il basalte, la dolerite, le amiddaloidi, ecc., che non formano correnti, ma filoni, monticoli conici collegati con filoni e dicchi, alterando quasi sempre in qualche modo le rocce sedimentarie per le quali passano, le diremo *piròidi*. Finalmente i graniti, le sieniti, una parte dei gneiss, micaschisti e steaschisti, i porfidi, i serpentini, le dioriti, le anfiboliti, ecc., che non presentano mai nè la forma di correnti, nè altra forma che possa sospettarsi vulcanica,

sono formate, come le lave, di silicati fusibili ad un intenso calore, e presentano quasi sempre una struttura cristallina, come le lave, che si raffreddano con estrema lentezza; formano assai di sovente dei filoni che attraversano ed alterano le rocce sedimentarie e finalmente non sono quasi mai stratificate e non contengono mai fossili, le diremo *plutoniche*. Tutte le rocce piriche si chiamarono anche *endogene* perchè uscite dall'interno della terra, dal vocabolo greco *endon*, che significa *al di dentro*.

Metamorfiche saranno per noi le rocce sedimentarie alterate dall'intenso calore e dall'azione chimica delle rocce piriche. Sono di questo numero il calcare saccaroide, la dolomia, il gesso cristallino, certi gneiss, micaschisti e steaschisti, ecc.

Le rocce piriche e le nettuniche non fanno mai passaggio le une alle altre; le metamorfiche invece ora si collegano alle piriche ed ora alle nettuniche in conseguenza del doppio modo di loro formazione.

89. Rocce idriche o nettuniche. — I caratteri geologici delle rocce idriche consistono nella loro struttura sempre stratificata, talvolta, ma di rado, sferoidale o prismatica, e nei fossili che contengono. Avendo già detto abbastanza in questo Sunto della struttura delle rocce, e dei fossili alla fine dei volumi di Zoologia e Botanica, ci riteniamo dispensati dal tenerne qui discorso.

90. Rocce ignee, cioè vulcaniche, piroidi e plutoniche. — Queste rocce hanno nella maggior parte dei casi la struttura massiccia, in alcuni casi prismatica e sferoidale, e non offrono una struttura apparentemente stratificata se non quando sono in relazione colle rocce metamorfiche stratificate, ed anche allora sono piuttosto schistose che realmente stratificate. Non contengono mai fossili; però i conglomerati composti dai loro frammenti talora ne contengono, come i tufi trachitici o vulcanici in Sardegna, nel Vicentino, nel Napoletano, ecc.; il che prova che quei conglomerati hanno avuto la loro origine nelle acque.

La loro giacitura rispetto alle rocce idriche varia assai. Le *vulcaniche* escono da crateri, formano correnti sopra le altre rocce, filoni e dicchi attraverso ad esse, ecc. Le *piroidi* non formano correnti, ma per lo più sorgono a modo di coni, di cupole, talora isolate, talora raggruppate, e che si mostrano quindi uscite dal seno della terra con una fluidità pastosa molto densa per non riversarsi all'intorno in forma di correnti. Esse formano anche dicchi e filoni, e talora s'internano fra gli strati delle altre rocce formando dei filoni-strati. Le rocce *plutoniche* finalmente, cristalline quasi sempre e non accompagnate nè da scorie, nè da tufi, talora formano grandi masse coniche alte e isolate, altre volte costituiscono il nucleo delle catene di montagne, e si appoggiano sovr'esse gli strati delle rocce metamorfiche ed idriche; molte volte formano anche dei filoni, delle vene e dei dicchi che attraversano tutte le altre rocce, e spesso ne contengono dei frammenti rinchiusi nella propria massa; e finalmente in pochi casi si trovano sovrapposte alle rocce idriche e metamorfiche.

91. Rocce metamorfiche. — Alcune di queste rocce, come i gneiss, micaschisti, steaschisti, ecc., non si distinguono dalle plutoniche se non per essere stratificate; anzi trovansi il più delle volte intimamente collegate con esse, facendo passaggio insensibilmente le une alle altre, per il che riesce difficile in molti casi distinguere i confini fra le rocce plutoniche e le metamorfiche. D'altra parte queste stesse rocce metamorfiche fanno spesso passaggio alle rocce netuniche, tanto per la stratificazione quanto per la somiglianza di caratteri; di più, si videro micaschisti e steaschisti alternanti con puddinghe e calcaree con fossili (nella Tarantasia e in altre parti delle Alpi, per esempio), e si scopersero ben anche schisti talcosi e micacei con tracce di fossili. Sono questi i principali fatti che indussero i geologi a credere che le rocce metamorfiche siano rocce netuniche alterate dalle rocce ignee emerse dall'interno della terra dopo la loro formazione. Il più delle volte le rocce metamorfiche sono schistose, cioè divisibili in isfoglie sot-

tili, spesso un po' inclinate ai piani degli strati; e tal maniera di divisione può derivare dal modo con cui si sono depositati i sedimenti. Altre volte queste sfoglie fanno un angolo molto grande coi piani degli strati, o vi son ben anche perpendicolari, in guisa che la roccia riesce divisa in massi simmetrici; siffatti modi di divisione sembrano doversi a cause posteriori alla formazione degli strati, probabilmente al movimento delle molecole durante la consolidazione o consecutivamente alle azioni metamorfiche stesse delle rocce ignee.

Sul metamorfismo delle rocce ci occuperemo con un po' più di estensione nella parte teorica.

SERIE CRONOLOGICA DEI TERRENI

CHE COMPONGONO LA CORTECCIA DEL GLOBO

Generalità.

92. Terreni e loro età. — Se si esamini la composizione della corteccia terrestre; sia col mezzo di scavi e pozzi, sia coll'osservare semplicemente gli scoscendimenti naturali e le grandi fessure che formano le valli, si trova consistere di una serie numerosa di rocce stratificate, le une alle altre sovrapposte, tutte poi appoggiate sopra nuclei di rocce piriche, e attraversate da filoni delle stesse rocce. Se tutti quegli strati fossero paralleli e contenessero fossili eguali, si potrebbero credere formati successivamente, gli uni dopo gli altri, senza alcuna interruzione e tutti nelle stesse circostanze, ed il criterio da cui dedurre la loro età relativa sarebbe la loro sovrapposizione. Ma invece trovasene di orizzontali, d'inclinati, di verticali, di sconvolti in varie guise; gli uni si sovrappongono agli altri in istratificazione discordante; e il più delle volte gli uni contengono fossili differenti da que' degli altri. Ed ecco due altri criterii per riconoscere l'età relativa dei sedimenti che formano la terra. Quando due gruppi di strati sovrapposti

sono discordanti, contengono in generale fossili differenti, e quindi appartengono a due epoche diverse, e gli inferiori evidentemente sono i più antichi; quando sono concordanti, ma contengono fossili differenti, sono ancora di epoche diverse; quando in fine sono concordanti e con gli stessi fossili, si possono considerare formati nella stessa epoca e nelle stesse condizioni. Nei primi casi i due gruppi di strati diconsi formare due *terreni* diversi; nel terzo si dicono costituire tutti un solo *terreno*.

Il fin qui detto vale per distinguere e classificare in ordine cronologico i terreni che sono sovrapposti gli uni agli altri in uno stesso luogo: ma come paragonare fra loro i terreni che si osservano in regioni differenti, per esempio in Lombardia ed in Piemonte od in Francia? A ciò valgono mezzi analoghi. Il più facile, ma non molto esatto, neppure per paesi poco discosti fra loro, è quello fondato sulla natura mineralogica dei terreni. Così si potranno dire della stessa epoca due terreni, l'uno in un paese, l'altro nell'altro, che sono composti della stessa roccia. In tal modo si potrà ammettere che le marne azzurrognole cavate presso Varese per fare mattoni siano della stessa epoca di quelle di simile natura che formano abbondanti depositi nell'Astigiano.

Gli altri due criterii, più esatti e sicuri, sono fondati sulla sovrapposizione e sui fossili. Due terreni, collocati in paesi diversi, si diranno della stessa epoca se nella serie dei terreni d'un paese come in quella dell'altro occupano lo stesso posto relativamente ad un terreno di età ben determinata. Così il marmo bianco detto maiolica in Lombardia si può credere della stessa epoca d'un calcare analogo che si trova nel Veneto, perchè ambedue si appoggiano e sono intimamente collegati con un calcareo rosso di età ben determinata che si estende sì nell'uno e sì nell'altro paese. Per altro anche questo secondo criterio non è abbastanza sicuro in alcuni casi, quando, per esempio, manchi qualche membro della serie dei terreni. Supponiamo, a cagion d'esempio, che nell'Italia settentrionale

questa serie sia composta, dall'alto al basso, dei terreni A, B, C, in modo che il terreno A sia sovrapposto al terreno B, e questo al terreno C; e supponiamo in oltre che in Lombardia manchi il terreno B: in allora il terreno A vedrebbe in quest'ultimo paese sovrapposto immediatamente al terreno C, e sembrerebbe per conseguenza contemporaneo del terreno B di Piemonte. In simili casi devonsi ricorrere agli altri due criterii, e specialmente a quello che ora passiamo ad accennare.

Finalmente saranno della stessa epoca due terreni che contengono gli stessi fossili; così, per esempio, alcune rocce calcaree terrose abbondanti in Francia si riconoscono della stessa epoca di altre rocce calcaree ma compatte d'Italia, perchè in tutte trovansi le stesse specie d'ammoniti, di amiti, di fucoidi, ecc.

Tre sono quindi i criterii per riconoscere l'età relativa di un terreno; dei quali il primo, *mineralogico*, è il meno sicuro; il secondo, *stratigrafico* o *geologico*, è in molti casi assai utile, talora però erroneo; il terzo, *paleontologico*, è il più sicuro, ma anche il più difficile, perchè devonsi di frequente studiare fossili non abbastanza bene conservati, alterati o nascosti in parte dalla roccia che vi aderisce, e perchè quasi sempre riesce assai difficile la loro determinazione, a motivo della piccolezza, dell'incertezza o della instabilità dei loro caratteri distintivi.

In quanto all'età delle rocce piriche, la sua determinazione non è quasi mai così sicura come per le sedimentarie; giacchè si può bensì in qualche caso decidere con certezza se una roccia pirica ha attraversato o sollevato un terreno prima o dopo che esso fosse ricoperto da altri, e quindi qual sia la sua età relativa; ma la maggior parte delle volte non è possibile giungere a un risultato ben sicuro, e le età relative delle rocce riescono determinate approssimativamente, ma non con tutta quell'esattezza che in generale si raggiunge per le rocce sedimentarie.

93. Serie cronologica dei terreni. — I primi che si occuparono dei terreni li divisero in *primarii* e *secondarii*,

secondo che sono privi di fossili oppure ne sono forniti. L'Arduino li distinse in *primarii*, *secondarii*, *terziarii* e *vulcanici*, appoggiando la sua classificazione non solo sulla età delle rocce, ma anche sulla loro origine, come ne fa fede la distinzione dei terreni vulcanici. Werner chiamò *primitivi* quelli che, secondo lui, formano il nocciolo del globo e sono privi di fossili (e sono le rocce che noi chiamiamo piriche e alcune delle nostre metamorfiche); di *transizione* quelli che contengono fossili, ma s'avvicinano ancora molto ai precedenti (schisti, calcaree, arenarie e le rocce metamorfiche alternanti con esse); *secondarii* quelli di calcaree, arenarie, argille, ecc., ricche di fossili, ed *alluviali* le materie mobili che ricoprono la superficie del globo; classificazione più inesatta di quella dell'Arduino; perchè non vi si tien conto dei terreni terziarii, distintissimi in natura per la loro poca coerenza e pei loro fossili, e perchè tutte le rocce vi sono considerate in una serie unica, cioè come se tutte fossero prodotte dall'acqua, e non vi fosse fra loro altra distinzione fuorchè quella fondata sulla età desunta dalla loro sovrapposizione. In seguito essendosi trovato che le rocce dette *primitive*, come il granito, i porfidi, ecc., in molti luoghi sono sovrapposti a rocce di transizione e secondarie, e presentano tutti i caratteri di rocce uscite dall'interno della terra allo stato di fluidità ignea appress' a poco come le lave dei vulcani attuali, si persuasero i geologi ch'era falsa la denominazione di *primitive* data alle rocce piriche e metamorfiche, e ch'era egualmente erronea la credenza dell'origine acqua di tutte le rocce. Si trovò infine necessaria anche la distinzione delle rocce metamorfiche, e con ciò si venne alla classificazione attuale delle rocce, in cui si studiano a parte i terreni ignei, sedimentarii e metamorfici, distribuendoli secondo la loro età relativa.

La serie dei terreni sedimentarii ammessa quasi generalmente dai moderni, cominciando dai più antichi, è la seguente: *cambrico*, *silurico*, *devonico*, *permiano*, *carbonifero*, *triasico*, *giurese*, *cretaceo*, *terziario inferiore*, *terziario*

medio, terziario superiore, di trasporto e contemporaneo. Il d'Orbigny volle poi suddividerli ancora, chiamando *piani* queste suddivisioni, che egli stabilisce nel numero di ventotto, dando loro dei nomi tolti dai paesi ove sono più distinti o da altre speciali circostanze (*). Tutti questi terreni infine vennero distribuiti in quattro *epoche*, delle quali la più antica fu detta *paleozoica*, cioè, secondo la greca etimologia, *degli animali antichi*, perchè contiene avanzi d'animali per la maggior parte assai differenti dagli attuali; mentre le altre tre epoche si chiamano ancora, secondo l'uso antico, *secondaria, terziaria e quaternaria*.

(*) Ecco una tabella dei terreni, dal più moderno al più antico, col confronto dei *piani* di d'Orbigny, secondo i professori Savi e Meneghini:

EPOCHE	TERRENI	PIANI
Quaternaria.	{ Attuale, o contemporaneo. Di trasporto, o diluviale, o plio- ceutico.	{ Contemporaneo.
Terziaria.	{ Terziario superiore, o pliocenico.	{ Subapennino.
	• medio, o miocenico.	{ Faluniano.
	• Inferiore, od eocenico.	{ Parigino.
		{ Suessoniano.
	{ Cretaceo superiore, o della creta bianca.	{ Daniano.
		{ Senoniano.
Secondaria.	• inferiore o dei <i>gault</i>	{ Turoniano.
		{ Cenomaniano.
	• neocomiano.	{ Albiano.
		{ Aptiano.
		{ Neocomiano.
		{ Portlandiano.
		{ Kimmeridgiano.
	{ Giurese oolitico.	{ Coralliano.
		{ Oxfordiano.
		{ Calloviano.
Paleozoica.		{ Batonian.
		{ Bojociano.
	• liassico.	{ Toarciano.
		{ Liassico.
		{ Sinemuriano.
	{ Triassico.	{ Solfifero.
		{ Conchigliare.
	{ Permiano, o peneano.	{ Permiano.
Paleozoica.	{ Carbonifero.	{ Carbonifero.
	{ Devonico.	{ Devoniano.
	{ Silurico e cambrico.	{ Siluriano.

Parecchi geologi cominciano la descrizione dei terreni dai più antichi; noi, seguendo l'esempio di Pilla, Collegno e Balsamo, cominceremo dai più moderni e passeremo a poco a poco ai più antichi.

Epoca quaternaria.

94. Terreno contemporaneo od attuale. (*Alluvionale moderno, clismico moderno, diluviale moderno, post-diluviale, quaternario*). — Le principali formazioni di questo terreno sono: la terra vegetale, le torbiere, i depositi salini, e quelli delle sorgenti, dei fiumi, dei ghiacciai e del mare.

La *terra vegetale* forma un sottile strato di composizione assai complicata, e dovuto al residuo di sostanze animali e vegetali ridotti allo stato terroso. Si forma con estrema lentezza, e taluno crede che una parte della terra vegetale d'oggi sia di origine anteriore all'epoca attuale.

Delle *torbiere* si è già detto abbastanza altrove (pag. 392) sul loro modo di formazione, e soltanto ci resta ora a dire ch'esse trovansi in generale ovunque siano state una volta o trovinsi ancora paludi (*).

Degli altri depositi di quest'epoca abbiamo citati bastevoli esempi nel discorrere sui fenomeni attuali. Tali sono i tufi di San Filippo in Toscana, di Tivoli in Romagna, di

(*) Ecco le principali località dell'Italia superiore: in Piemonte, a Vinadio, Aviglione, Caselette, Caluso, intorno al lago d'Orta, a Groppello, ecc.; in Lombardia, allo Spluga, nel Piano di Colico (dove la torba riesce separata da strati di argilla trasportata dall'Adda), a Luino, fra Angera e Inarzo, ai laghi di Comabbio e Varese, nella valle del Seveso (massime dove le acque, trattenute dal mulino di Cucciago, ne aiutarono la produzione), a Monguzzo, nel bacino dell'antico Eupili (laghi d'Annone, Pusiano e Alserio), da Induno presso Cugionno alla Zelada, a Belgioioso, a Chignolo, tra Pandino e Crema, presso Lodi, a Pizzighettone, nel Bergamasco presso Cereto, al sud di Trescorre e in qualche altro luogo del Bresciano, presso Soresina, a Grotta d'Adda, a San Benedetto, ecc. Nel Veneto sono pure copiose le torbiere, massime nel Vicentino, al piede degli Euganei, e vennero descritte dal professore Catullo.

Maggiànico, di Civate, del lago Sebino in Lombardia, ecc.; l'acido borico dei lagoni della Toscana; le incrostazioni silicee dei geyser in Islanda; gli interri dei fiumi, i sedimenti del mare, le dune, i cordoni litorali, le isole madreporiche, ecc.

Fra i depositi marini moderni ve ne sono molti che hanno cangiato di livello in epoche recenti; così, per esempio, vedonsi sollevati a 48^m sul livello del mare al Capo Sant'Ospizio presso Nizza, a 50^m a Cagliari in Sardegna, a 7^m a Palermo, a consimili altezze a Pozzuoli, in molti luoghi di Francia, Norvegia, America, ecc. Essi riescono per conseguenza discordanti con esso livello, e sono altrettanti indizii di sollevamenti e abbassamenti avvenuti nell'epoca attuale. Fra queste oscillazioni del suolo alcune sono avvenute subitanamente, come sulle coste d'America, su alcune di Francia, a Pozzuoli, ove si osservano tracce di un salto repentino fra i due livelli del mare antico e moderno; altre invece con estrema lentezza, come nella Svezia e Norvegia, nel Napoletano, ecc.

I fossili o gli avanzi organici di quest'epoca rassomigliano in tutto agli animali ancora viventi, sì riguardo alle forme come alla loro distribuzione. Soltanto v'è da notare la scomparsa di qualche specie nelle epoche storiche, come del cervo gigantesco d'Irlanda e dell'uccello denominato *dodo* o *dronte*, e il non trovarsi più in alcuni paesi certi animali che una volta vi erano comuni, come i lupi nell'Inghilterra, l'uro ed il castoreo in tutta l'Europa, ecc. E sopra tutto è carattere distintivo dei terreni di quest'epoca il contenere ossa umane, talora incrostate e pietrificate da succhi lapidei ed avanzi delle sue industrie, come vasi di terra, armi, ecc.

Materie utili che si trovano in questo terreno sono: la terra vegetale, il limo che feconda le sponde del Nilo, i tufi usati come pietre da costruzione, la torba, i coralli aderenti alle isole madreporiche, ecc.

È soltanto in questo terreno che si trovano emersioni di lave e di altre rocce vulcaniche, giacchè in tutti gli altri

terreni non vedonsi che rocce piriche assai differenti dalle anzidette.

95. Terreno di trasporto. — Questo terreno, detto da alcuni *diluviale, alluvionale antico, clismico, erratico, plio-stocenico* (*), che il Collegno, il Pilla ed altri considerano come un terreno distinto, e che il d'Orbigny sembra riunire al terreno attuale in un solo piano che denomina *contemporaneo*, verrà da noi diviso, seguendo il professor Balsamo e il Pilla, in due epoche distinte, l'una dei *massi erratici*, l'altra dei *depositi regolari*. In generale questo terreno, per la sua composizione mineralogica e per la sua struttura, non differisce dall'attuale, ma se ne distingue pel trovarsi in luoghi ove non giungono i corsi d'acqua e le alluvioni moderne, per gli avanzi organici che contiene, differenti dagli attuali, e perchè talvolta è formato da materie diverse da quelle ond'è composto il bacino idrografico circostante.

96. Massi erratici. — Ricevono questo nome, e quello di *trovanti*, certi frammenti voluminosi di rocce che s'appoggiano ad un terreno di varia natura, e non sono caduti da vicine alture, ma constano di rocce che trovansi formar le montagne in luoghi molto lontani. Sono tra noi copiosissimi, ed una volta erano in maggior numero ancora, giacchè se ne trovano gli avanzi adoperati come pietre da costruzione o come paracarri sopra una grande estensione dei nostri monti e delle nostre colline. Cominciano a comparire al nord di Milano, e vanno crescendo in numero e in volume mano mano che si avvicinano ai monti, e sui monti stessi s'incontrano ad altezze prodigiose (**).

(*) Da due parole greche, che significano *molto recente*.

(**) Una copiosa congerie trovasene da Greghenlino al lago d'Olginate; onde il Breislak disse avere quel tratto di paese l'apparenza d'un campo di battaglia fra i giganti. Sono famosi poi per gran mole: quello sull'*alpe di Pravotta*, sul pendio del monte San Primo, fra i due rami del lago di Como, lungo 48 metri, largo 12, alto 8 (fig. 38); quello detto *Sasso della luna*, lì vicino, ed altri ancora sul medesimo monte, che vi formano un deposito, importante per la teoria del loro trasporto. Si citano

I trovanti sono di rado arrotondati, ma presentano degli angoli spesso ancora perfetti. Le rocce più comuni sono le ignee e le metamorfiche, e variano secondo le località; in oltre si osserva che in generale i trovanti sono delle stesse rocce in posto nelle valli allo sbocco delle quali

anche, quello da cui furono tratte le colonne della chiesa di Valmadrera, molli della Brianza, e finalmente quello poco sopra Induno, lungo 10 me-



Fig. 38. — *Masso erratico dell'Alpe di Pravolta sul monte San Primo, a 700 metri sul livello del lago di Como.*

tri, largo 7, alto 8 (fig. 39), notevole per trovarsi spaccato e vicino a parecchi altri massi minori, e per aver dato origine ad una lunga e calda



Fig. 39. — *Masso erratico sopra Induno presso Varese.*

discussione fra varii geologi, nella loro gita in quei luoghi durante il Congresso di Milano.

essi si trovano (*). Così, per esempio, sono di gneiss, sienite, micaschiste, ecc., fra il Ticino e l'Olonà; nella valle dell'Olonà sono di melafiro, porfido quarzifero, granito rosso, gneiss; al sud di Como sono di serpentino, granito bianco, serizzo ghiandone; in Brianza e in Vallassina principalmente di serizzo ghiandone e d'un granito verdognolo, che è una modificazione del ghiandone; oltre l'Adda, di arenaria rossa e porfido amfibolico; in Val Cayallina, di serpentino; sui colli mantovani, di basalte, ecc. Fanno eccezione due trovanti di serizzo ghiandone presso Sesto Calende. Si vedono però anche trovanti di dolomia, di calcaree nere, bigie silicifere, rosse, ecc. Tutti poi sono disposti con una grande irregolarità.

Al fatto dei massi erratici sparsi aggiungesi quello delle strie e scanalature che s'incontrano qua e là nelle rocce delle Alpi svizzere, e più ancora nell'Europa settentrionale, e che sembrano prodotte dai massi erratici durante il loro trasporto. Nei paesi a mezzodi ed a levante del mar Baltico infatti quelle strie e scanalature sono dirette da N-NO a S-SE, e si collegano con un immenso numero di trovanti sparsi per quelle estesissime pianure, e composti in generale di rocce che trovansi in posto nella Scandinavia. Quasi sempre poi è degno d'esser notato il fatto che i trovanti, a fin di giungere al loro posto attuale, ebbero a sorpassare ostacoli grandissimi: così quelli della Lombardia dovettero passare sopra i laghi, e quelli delle coste germaniche meridionali e orientali del mar Baltico ebbero ad attraversare questo mare.

97. Depositi regolari costituenti il terreno di trasporto inferiore. — Appartengono a questo terreno, senza alcun ordine reale di successione: i ciottoli, le ghiaie, le sabbie, le arene, spesso anche aurifere, le argille, il ferretto, le puddinghe fluviali, e le brecce e caverne ossifere.

(*) I geologi dicono che le rocce sono *in posto* quando non furono da qualche causa esterna trasportate lungi dal loro luogo originario. Così, per esempio, i massi di granito rosso che trovansi sparsi lungo il Ticino, trasportati dalle acque, provengono dalla roccia che è *in posto* nei monti di Baveno.

« Trovansi *ciottoli*, diceva il professor Balsamo, sparsi irregolarmente alla superficie del suolo, e sempre più copiosi quanto più si avvicinano alle montagne, e questi io inclinerei a crederli appartenenti all' epoca dei massi erratici; e trovansi ciottoli in istrati separati da argille e da sabbie, e questi li riterrei dell' epoca di cui parliamo ora. » Le *ghiaie* sono anch'esse più copiose e più grosse quanto più sono al nord; e tanto esse quanto i ciottoli variano molto di natura col variare delle valli al cui sbocco si trovano; e sono formate non soltanto da rocce ignee o metamorfiche, ma anche da rocce calcaree, talora con fossili. Le nostre *sabbie* alternano con depositi di ciottoli e di argille; contengono molto ferro nelle così dette brughiere, e sono talvolta arene silicee quasi pure, come per esempio alla base della collina del castello di Trezzo, sotto la puddinga.

Qua e là, lungo i nostri fiumi, scorgonsi piccoli depositi di *arene aurifere*. Queste sono arene brune o quasi nere, composte da una gran quantità di granelli silicei, di altri granelli di color nero e formati di ferro titanato quasi puro, di molte esilissime pagliette d'oro, e di altri granellini piccolissimi e cristallini di corindoni, granati, giargoni, ecc. Queste arene trovansi realmente soltanto qua e là in depositi staccati, e non formano un deposito generale per tutta la Lombardia, come ritenevano alcuni. Esse non si possono poi considerare come un deposito attuale dei nostri fiumi, perchè se venissero attualmente tolte ai monti, cadrebbero nei laghi prima di giungere alla pianura, dove appunto si trovano. Il Ticino offre queste arene presso Vigevano, Bernate, Boffalora, Cà della Camera; l'Adda ne contiene nel Lodigiano, il Serio nel Cremasco, l'Ollio e il Po in alcuni pochi luoghi non ben determinati.

L'*argilla*, detta comunemente *creta*, in uno o più strati sovrapposti, si trova quasi in ogni scavo che si faccia nella pianura lombarda per pozzi o altro, e s'incontra allo scoperto a San Cristoforo e alla cascina Comi presso il naviglio grande, nel letto del naviglio qua e là da Milano a

Pavia, all'Ortica fuori di porta Tosa, ecc., e nelle Groane. In molti luoghi manca lo strato più superficiale; ma potendo ciò avvenire per antiche escavazioni, potrebbe darsi che questo letto d'argilla sia continuo per tutta la pianura lombarda. Vi sono *argille calcaree* in molti luoghi della Brianza, come ad Inverigo, Trucazzano, lungo l'Adda a Trezzo, alla Casa del Porto, a Briosco, Brivio, ecc. Infine alcune argille sembrano sottoposte alla formazione delle puddinghe fluviali, e quindi ad esse anteriori come ad Inverigo; altre posteriori, come al Gernetto.

L'*argilla ferruginosa*, detta anche *ferretto*, dà talora il 12 per cento di ferro metallico, ed è copiosa in Lombardia lungo l'alto Ticino, fra l'Adda e il Lambro, e sino al Serio, all'Ollio e sui terreni terziarii del Veronese. Sembra in istretta relazione coi massi erratici, coi quali forma colline ed altipiani fra il Lambro e l'Adda. Contiene spesso ciottoli di rocce ignee alterate in modo da stritolarsi facilmente fra le dita, e che perciò sono detti *palle marcie* dai contadini. Forse appartiene a quest'argilla anche il ferro pisolitico o di palude di certe nostre località. L'argilla ferruginosa sembra al Balsamo una porzione del terreno terziario superiore, ancora in posto in certi luoghi, e in altri smosso dalle correnti acquee all'epoca del trasporto dei massi erratici.

Finalmente appartengono all'epoca diluviale le *puddinghe* che fiancheggiano i nostri fiumi dopo la loro uscita dai laghi, e formano alcuni depositi in Brianza e nelle alte valli alpine. Diconsi anche *ceppo rustico*, *mezzano* e *gentile*, a seconda della grossezza dei ciottoli, i quali in generale sono di rocce ignee, metamorfiche, calcaree, insomma di ogni roccia più antica dell'epoca di cui parliamo. Come gli altri depositi della stess'epoca, trovansi in istrati orizzontali, talora separati da sabbie, e sempre ad altezze maggiori di quelle dei fiumi attuali; dal che si deduce che non furono i fiumi attuali che le formarono, ma che all'incontro passarono fra le spaccature, aprendovi i proprii alvei. Sembra che queste puddinghe si formassero in ampii bacini

stagnanti, perchè talora il cemento è cristallizzato. Di quei bacini si può aver un'idea, dice il professor Balsamo, osservando in qualche bel mattino d'ottobre, dopo molti giorni di pioggia, gli ammassi di nebbia che coprono le valli, figurando quasi tanti laghi fra loro comunicanti. Oltre le puddinghe che trovansi lungo i fiumi, sembra che ve ne siano anche di sotterranee, perchè nello scavare a Milano un pozzo di circa 80 metri di profondità, si trovò una puddinga analoga a quella del Lambro. Quasi in ogni valle alpina poi trovansi frequenti ammassi di simili puddinghe, anche a grandi altezze, come al Cornello, al Passo della Guggia, poco prima del Passo di san Marco, che dalla Val Brembana mette in Valtellina, ecc.

Fuori di Lombardia la composizione di questo terreno non è molto differente; offre sempre dei depositi di tritumi, rottami ed argille, in istrati orizzontali, ora a grandi altezze sulle montagne, ora stesi a formare vastissime piane, come alcune della Puglia e i deserti d'Asia ed Africa, che sembrano indubbiamente avanzi del fondo di un mare disseccato.

In questo terreno abbondano gli avanzi di animali analoghi, ma non eguali a quelli tuttora viventi. Lungo le sponde del Po, del Ticino, nella Val d'Arno, nella Valle del Reno, e più ancora in Siberia, in altri paesi d'Asia e d'America trovansi ossami di elefanti (*Elephas primigenius* o *mammoth*, fig. 40 (*)), di mastodonti, di cervi giganteschi, di buoi d'una statura maggiore dei viventi, di ippopotami, di rinoceronti (fig. 41), di megaterii, ecc. (**).

(*) Ad illustrare questa breve descrizione dei terreni daremo soltanto le figure dei fossili più importanti e più caratteristici che si trovano nella Lombardia; chi bramasse conoscere le figure degli altri fossili qui citati ne troverà negli altri libri di Geologia, e specialmente in quelli di Beudant, Pilla e d'Orbigny.

(**) I *mastodonti* sono grossi mammiferi che differiscono dagli elefanti per i loro denti molari colla corona munita di parecchi rialzi conici e quasi in forma di mammelle, dal che venne il loro nome, che, secondo la greca etimologia, significa *dente a mammelle*. I *megaterii* sono analoghi ai pigri, ma di statura gigantesca, come lo indica il loro nome, tratto da due parole greche, che significano *gran belva*.

Famoso è poi l'elefante trovato intero, collé carni e colla pelle coperta di pelo, sepolto in un masso di ghiaccio in

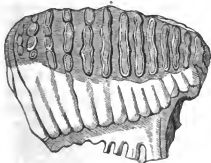


Fig. 40.

Dente molare di mammoth.



Fig. 41.

Dente molare di rinoceronte.

Siberia, al quale devono aggiungersi altri elefanti e rinoceronti trovati recentemente nelle medesime circostanze. Se all'epoca della loro vita la Siberia era com'è oggidì, il pelo li avrebbe ben potuto difendere dal freddo, ma non avrebbero trovato bastanti alimenti pei loro corpi voluminosi: d'altra parte non sembra che siano stati trasportati in quelle contrade da correnti acquee, giacchè trovaronsi intatti e benissimo conservati. Sembra dunque che quegli animali abbiano vissuto in Siberia, ma che il clima di questo paese in allora fosse molto men rigido che oggidì. Il trovarsi elefanti fossili ed altri simili animali dei climi caldi in quasi tutta Europa prova poi che, prima del cataclisma che produsse il trasporto delle ghiaie, dei massi erratici, ecc., v'era nella distribuzione del calore alla superficie terrestre un ordine ben diverso dal presente, e che in generale i climi della zona temperata erano più caldi che oggidì.

Caratteri generici dei terreni di trasporto sono: la confusione dei depositi che li compongono, l'orizzontalità degli strati, l'impronta di un cataclisma generale che lo produsse, gli avanzi fossili di specie analoghe o non molto diverse dalle viventi, e finalmente la mancanza di ossa fossili umane.

Ultimo argomento è quello delle *caverne e brecce ossifere*. La prima caverna con ossa fossili che si trovò fu quella di Kirkdale in Inghilterra, ed avvenne per caso, lavorando una miniera od una cava. Dopo se ne trovarono molte altre al di là delle Alpi e nel Veneto; in Lombardia non s'era fatto altro che predirne la scoperta. Nel 1849 finalmente il caso fece scoprire il ricco deposito d'ossa fossili della caverna detta *Buco dell' Orso*, sopra Torriggia, sul lago di Como (*). Molte altre caverne ossifere si trovarono

(*) • L'onorevole proposto di Laglio, d. Vincenzo Barelli, e il medico di quel comune, dottor Giuseppe Casella, i quali visitavano la grotta, furono i primi che rinvennero qualche frammento d'osso; sicchè si destava in loro l'idea di successive ricerche. Il signor Giovanni Cetti, discendente dell'illustre Cetti, l'insuperabile descrittore della Sardegna, e il signor Enrico Pessina s'unirono all'impresa, e con amore posero mano ai primi scavi. • Così il dottor Emilio Cornalia, aggiunto alla Direzione del Museo civico di Milano, accennava, nella sua dotta Memoria su *alcune caverne ossifere dei monti del lago di Como*, inserita nel fascicolo di gennaio e febbraio 1850 del *Nuovi Annali delle scienze naturali di Bologna*, gli scopritori di questa caverna, che offerse una ricchissima messe di ossa fossili. Risulta da quella memoria che la maggior parte delle ossa appartengono all'orso fossile solito a trovarsi nelle caverne (*Ursus spelaeus*), molto più grande dell'orso bianco vivente: ve ne sono anche di ruminanti, ma per lo più queste si trovarono nei crepacci aperti, e non sembrano fossili. Un gran numero di quelle ossa fossili che furono scavate per cura dei suddetti e del signor Cristoforo Bellotti, trovansi al Museo civico di Milano, altre presso il parroco di Laglio, ed altre presso alcuni privati di Como e di Milano. La caverna, come risulta concordemente dalla succitata memoria e dalle nostre proprie osservazioni fatte nell'ottobre 1849, si apre nella calcarea bigia giurese, che forma gran parte dei monti del Lario, a circa 600 metri sul livello del lago, coll'apertura diretta a NNE., dirigendosi poi verso nord. È ingombra di massi caduti, rivestita d'incrostazioni, e percorsa per un lungo tratto da un ruscello, che vi forma parecchi laghetti; e la totale lunghezza si trovò di 525 metri. Il suolo di essa è composto di varii strati ben distinti; cioè procedendo dall'alto in basso: di ghiaia, di una crosta stalammmitica, d'un'argilla finissima cenericcia, d'un'altra bruna, d'una terza argilla, gialliccia per l'abbondanza di ossido ferrico, con copiose ossa fossili, d'una seconda crosta stalammmitica, e finalmente di un'altra argilla fossilifera che si appoggia sul suolo di calcarea bigia. Le ossa sono per lo più miste a ciottoli di natura diversa dalla roccia calcarea del monte, ed accumulate nei seni delle pareti della grotta e talora cementate da carbonato calcareo depositato dalle acque che asportarono l'argilla. Da ciò e dalla mancanza della terra nera e bituminosa,

in Italia, come quella di Ceré nel Veronese, descritta dal professor Catullo, quelle di Cassano presso al Golfo della Spezia, e di Molina di Guosa nei monti Pisani, illustrate dal professor Savi, quella dell'isola d'Elba, descritta dal professor Nesti, ecc.

Diconsi *ossifere* certe brecce racchiuse entro fenditure di rocce antiche, che rinvengonsi a Nizza, in Sardegna, in Corsica, ecc., contengono ossa fossili simili a quelle delle caverne, e sembrano essere state riempite in modo analogo delle caverne, cioè per effetto di straordinarie correnti al principio dell'epoca attuale.

Epoca terziaria.

98. **Generalità.** — I terreni *terziarii*, che da alcuni si chiamarono *sopracretacei*, constano di rocce più coerenti che i terreni alluviali antichi, quali sono arenarie, calcaree, marne, gesso; ma vi abbondano ancora le sabbie e le argille. Ora sono allo scoperto ed ora sottoposti ai terreni moderni e di trasporto; constano di strati orizzontali o in generale poco inclinati; si appoggiano sopra ogni terreno più antico; formano umili colline che ricolmano il fondo di certe valli, o si distendono lungo le falde delle giogaie montuose; e contengono fossili di specie analoghe alle viventi. Dai geologi vengono divisi in tre o quattro gruppi, i quali talora sono ben distinti, ed altre volte passano insensibilmente gli uni agli altri, sì che riesce un po' difficile distinguerli esattamente; di rado poi trovansi tutti in che in altre grotte sembra dovuta allo sfacimento delle parti molli degli animali, delle coproliti (escrementi fossili) o delle ossa d'animali che possono servire d'alimento agli orsi, deduciamo, col dottor Cornalia, che le ossa d'orso furono introdotte nella caverna per opera di correnti acquose ad un'epoca anteriore all'attuale; mentre potrebbe darsi benissimo che le ossa di orsi, lene, ecc., che si trovano in altre caverne, miste a coproliti, alla terra nera suaccennata ed alle ossa di animali erbivori, appartengano a carnivori che vi abitarono durante la vita e vi rimasero sepolti dopo la morte. A pagina 364 abbiamo dato la pianta e lo spaccato della prima porzione di questa grotta, compresa fra l'entrata e il primo dei laghetti che in essa s'incontrano.

uno stesso paese, mancando ora l'uno ed ora l'altro. Il d'Orbigny, dividendo questi terreni in cinque parti, dà alla più recente la potenza media di 600 metri, alla seconda di 300, alla terza di 100, alla quarta di 1000, alla quinta di 1000: per il che tutti insieme avrebbero la potenza di circa 3000 metri. La quale divisione in cinque parti egli dice averla fondata sul confronto di 8000 specie di fossili, diversi da quelli dell'epoca attuale e delle epoche più antiche della terziaria.

99. Terreno terziario superiore, o subappennino, o pliocenico (*). — Uno dei nomi di questo terreno deriva dal trovarsi ben caratterizzato lungo la base degli Appennini. Ivi è formato superiormente da *sabbie bianche e giallicce*, le quali sono talvolta agglutinate in un'*arenaria grossolana* denominata *molassa* (*panchina* dei Toscani), con ostriche, pettini e moltissime altre conchiglie fossili; ed altre volte rimpiazzate da un *conglomerato calcareo* o da una *gomfolite* (*nagelfluë*), oppure da un *conglomerato granitico*. Inferiormente è composto da una *marna azzurrognola*, detta *mattaione* dai Toscani, contenente conchiglie assai numerose e benissimo conservate, talora rimpiazzata da una *calcareia marnosa bianca, sporcante*, come nella Puglia, oppure da una *calcareia compatta*, eccellente qual pietra da taglio, come nella terra d'Otranto. Contiene disseminati degli ammassi di gesso a Tortona, Messina, ecc., di lignite in Calabria, nelle colline Pisane, ecc., e di sal gemma a Lungro nella Calabria citeriore (**).

(*) Da due parole greche, che significano *più recente*.

(**) Le principali località sono: in Piemonte, l'Astigiano, in Toscana Torrita, Savignone, Siena, Volterra, Monte Pellegrino; nel Parmigiano, Castel Arcuato, Vigolano, Borgone; in Romagna, Monte Mario, Sinigaglia; nel Napoletano, Otranto, Reggio, Monteleone; in Sicilia, Siracusa, Trapani, Palermo, Capo Zafferano presso Messina. E sono conchiglie fossili caratteristiche di questo terreno le seguenti: *Conus pelagicus*, *Rostellaria pespelicani*, *Turbo rugosus*, *Turritella terebra*, *Natica canrena*, *Ostrea gigantea*, *Pecten pleuronectes*, *Panopea Faujasii*, *Dentalium elephantinum*, *Pinna tetragona*, *Cassidaria echinophora*, *Arca antiquata* e moltissime altre, descritte specialmente nella *Conchitologia fossile subappennina* di Brocchi.

In Lombardia, tempo fa, non credevasi esistere; ma si riscontrò alla Folla, presso Varese, in un ammasso d'argilla azzurrognola, in cui gli uomini che la cavano per fabbricar mattoni e tegole trovano molti fossili assai ben conservati, tra i quali il più comune è l'*Arca antiquata* (fig. 42),

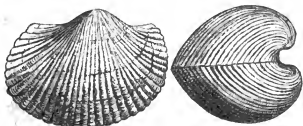


Fig. 42. — *Arca antiquata*.

nella Valle di Faido e in qualche luogo fra l'Olonà e l'Adda; e sembra al professor Balsamo, per le analogie mineralogiche colle rocce del Veneto, che i conglomerati e le arenarie dei colli da Varese e Como, del castel Baradello e da Como a Lipomo, le arenarie da Romanò a Capriano, contenenti lignite con terèdini fossili, le arenarie superiori di Viganò, e alcune marne azzurrognole del torrente Tornago presso Almenno e di Nese sopra Bergamo appartengano a questo terreno, come il conglomerato ricchissimo di fossili di San Colombano.

Nel Veneto sono pliocenici molti depositi di conglomerati a cemento calcareo durissimo, da Bassano a Spilimbergo.

Fuori d'Italia v'hanno ampî depositi pliocenici in qualche luogo di Francia, come a Perpignano, Millas, ecc.; in Germania a Vienna, Baden, Nussdorf, Cassel, ecc.; nella Crimea, nella Morea, sulle sponde del Mar Rosso, in America, ecc.

Generalmente questo terreno è di origine marina, ma v'hanno anche depositi d'acqua dolce, come ad Oeningen presso al lago di Costanza (ove fu trovata la famosa salamandra creduta per molti anni un uomo fossile) e nella Valle d'Arno superiore, ricca di ossami fossili di elefanti,

rinoceronti, tapiri, daini, cavalli, ecc., e di avanzi vegetali, come tronchi d'alberi e frutta. D'origine simile sono molti depositi nella Liguria, presso Siena, in Sicilia, in Sardegna, ecc.; e, fuori d'Italia, in qualche luogo di Francia, presso Mosca, in Siberia, e più di tutto nell'America meridionale, ove formano immense pianure ed estesissimi altipiani, fra cui quello della Bolivia, a 4000 metri sul livello del mare. Nè qui devesi tacere d'una località lombarda, celebre per gli studii a cui diede occasione, voglio dire del deposito di argille e marne azzurrognole contenenti banchi orizzontali di lignite, che riempiono la Valle di Gandino e Lefte in Val Seriana, e nel quale si rinvennero denti di rinoceronti, cranii e corna di cervi, denti di moschi, di castoro, gusci di tartarughe, frutti carbonizzati simili a noci, ed un gran numero d'infusorii a guscio siliceo e calcareo: avanzi tutti che furono oggetto di lunghi studii per il professor Balsamo.

Gli strati dei terreni terziarii sono per lo più orizzontali o di poco inclinati; ma in ogni caso discordano da quelli dell'epoca attuale; per il che deve esser avvenuta una catastrofe che li innalzò sul principio dell'epoca attuale, al posto a cui sono oggi giorno.

In questo terreno trovansi allo stato fossile: scimmie, sdentati (megaterio, mylodon (*), ecc.), pachidermi, ruminanti, cetacei, uccelli (fra cui le uova gigantesche trovate nel 1850 nel Madagascar), rettili, pesci ed un'infinità di conchiglie analoghe alle viventi, ma di specie diverse. Appartengono a questo terreno le balene e i delfini trovati da Cortesi nelle marne azzurrognole del Piacentino, appartenenti dapprima al Governo Italico, ed ora dati in custodia dal Governo Austriaco alla direzione del Museo civico di Milano. V'è da osservare però che nelle zone temperate e fredde trovansi allo stato fossile animali appartenenti a generi che ora sono proprii della zona torrida, o almeno di paesi più caldi. La fauna di quest'epoca è caratterizzata

(*) Il *mylodon* è un mammifero dell'ordine degli sdentati, analogo al megaterio, ed anch'esso di statura gigantesca.

da un gran numero di pachidermi e sdentati, e dal comprendere ancora gli uccelli corridori e gli insetti miriapodi, che non trovansi più nei terreni inferiori.

100. Terreno terziario medio, o miocenico (*). (*Terreno della molassa, piano fuluniano*). — Sotto ai depositi subappennini trovansene altri, spesso discordanti, formati di calcaree, puddinghe, marne ed arenarie, e contenenti fossili differenti, e che perciò vengono a formare un terreno distinto.

La parte superiore di questo terreno ha per tipo in Italia le colline di Torino e di Toscana. Le colline di Superga constano di strati alternanti di marne, sabbie ed arenarie, rese verdognole da numerosi granelli di serpentino, notevolmente raddrizzati in varie direzioni, con fossili diversi dai pliocenici, e ricoperti poi da arenarie e calcaree con fossili misti pliocenici e miocenici, per il che vi si trova un vero passaggio da un terreno all'altro. Analoghi depositi vi hanno al sud-est di Torino, nelle piccole valli dell'Appennino, nel Genovesato a Cadibona, ed a Caniparola nella Lunigiana. In Toscana, intorno a Volterra e Pisa, v'hanno altri depositi consimili di molasse, dette *panchine*, di conglomerati, di calcaree grossolane disseminate di lenticoliti, ecc., con fossili in parte simili, in parte diversi dai subappennini. In Lombardia non v'hanno depositi ben determinati di quest'epoca, ma il professor Balsamo crede potervi riferire una parte delle arenarie e puddinghe delle colline fra Varese e Como, e della Brianza. Nel Veneto vi appartengono certe marne cenerine, zeppe di fossili, all'est del Brenta, altre arenarie presso Schio, ecc.; e molte arenarie con gesso, argille, e calcaree bituminose delle Marche, di Calabria, ecc., sembrano pure di quest'epoca.

Fuori d'Italia v'hanno abbondanti depositi di questo terreno. Vi appartengono in Svizzera le molasse, arenarie, ecc., che s'innalzano ben anche a formare alti monti; in Galizia le rocce contenenti il sale di Wieliczka; presso Vienna le sabbie e le ghiaie con ossa fossili, parecchie calcaree con

(*) Da due parole greche, che significano *meno recente*.

conchiglie fluviali, ecc.; in Francia i depositi di sabbie, marne e molasse con cerizii ed ossami di quadrupedi, che sono chiamati *faluns* nella Turenna e nella Loira inferiore; in Inghilterra parecchie arenarie e marne nella contea di Suffolk, dette *crag rosso* e *crag corallino*; ed altri simili depositi miocenici s'incontrano in molti altri luoghi d'Europa, d'Africa e d'America.

Oltre a questi depositi marini ve n' ha anche di lacustri o di misti. Tali sono quelli del bacino di Parigi, a cui appartengono le sabbie e arenarie quarzose di Fontainebleau e le marne bianche friabili, colle sabbie argillo-feruginose, che contengono la roccia nota sotto il nome di *pietra molare di Parigi*, tutta piena di buchi e di cavità irregolari. Dello stesso terreno sono alcuni depositi lacustri della Gironda, parecchi della Svizzera ed alcuni d'Italia. Tali sono anche le argille e le sabbie tra loro alternanti, che in Toscana, nella Calabria ulteriore, ecc., son ricche di gesso, alabastro, solfo e più ancora di ligniti, come a Cadibona nella Liguria, a Caniparola nella Lunigiana, a Sogliano in Romagna, nella Valle di Bruna ed altrove in Toscana, a Ripa, Agnana, ecc., nel regno di Napoli, a Limina in Sicilia, ecc.: per il che taluno propose per questo terreno il nome di *lignitifero*. Talvolta queste ligniti offrono l'aspetto di vero carbon fossile, come a Monte Bamboli in Toscana, nella Valle San Giovanni d'Abbruzzo, ecc.

Gli strati in molti luoghi sono orizzontali o poco inclinati, ma più spesso rialzati, ed in tal caso si trovano talvolta formare due gruppi fra loro discordanti; dal che il d'Orbigny trasse argomento per dividere questo terreno in due piani, chiamando *tongriano* (*) l'inferiore, e *faluniano* (**) il superiore. Siccome poi le colline formate dagli avanzi degli strati orizzontali di questo terreno trovansi sopra grandi estensioni, forza è conchiudere che una gran parte fosse asportata dalle acque per qualche cataclisma generale.

(*) Dal nome della città di *Tongres*, nel Belgio, ov'è bene sviluppato.

(**) Dal vocabolo *faluns*, con cui abbiamo detto distinguersi dal Francesi certe rocce di quest'epoca.

Tra i fossili citeremo: qualche scimmia, il dinoterio (*), i mastodonti, alcune specie di orsi, di gatti, di mustele, di rinoceronti, di tapiri, di cervi, ecc., alcune palme ed altre piante di paesi caldi; animali e vegetali diversi dai viventi e da quelli dell'epoca subappennina. La fauna miocenica in oltre è caratterizzata dal trovarvisi ancora i mammiferi anfibi, insettivori, sdentati e ruminanti, i batracii, i crostacei anfipodi, ecc., e specialmente gli orsi, i rinoceronti, i tapiri ed altri generi di animali che non si trovano più nei terreni terziarii inferiori e negli altri che trovansi al di sotto di essi (**).

Materie utili che si ricavano da questo terreno sono le arenarie, le molasse, le calcaree, ecc., che servono nelle costruzioni; il gesso, lo solfo, l'ambra, l'alabastro, il sal gemma e le ligniti. Mentre le marne argillose plioceniche dell'Appennino sono quasi sempre sterili e nude di vegetazione, le molasse calcaree della stessa epoca riescono molto opportune alla coltivazione della vite e dell'ulivo, e le rocce mioceniche sono coperte di rigogliosa vegetazione, come di vigneti, campi, praterie, folte boscaglie, ecc.

101. Terreno terziario inferiore od eocenico ().** (*Terreno parigino* dei Francesi e parte del terreno *cretaceo superiore* od *etrurio* di Pilla, Collegno, ecc.; *piani parigino e suessoniano* di d'Orbigny). — Questo terreno è composto di calcaree grossolane, marne, argille e poche rocce arenacee. È il terreno più antico in cui trovinsi avanzi ben certi di mammiferi (e specialmente di quadrumani, chiroteri, cetacei e marsupiali), di uccelli rapaci, gallinacci, arrampicatori e passeracei; di serpenti, di gasteropodi polmonati, di crostacei stomapodi, ecc.; ed è caratterizzato

(*) È un grosso animale che dai pochi avanzi rimasti è creduto da alcuni un cetaceo e da altri un pachidermo, caratterizzato da due grosse zanne sporgenti dal davanti della mascella inferiore e diretti in basso.

(**) Sono caratteristiche di questo terreno: la *Natica compressa*, il *Cerithium pictum*, l'*Ancillaria glandiformis*, l'*Otula hyatula*, ecc.

(***) Da due parole greche, che significano *aurora* e *recente*, alludendo quasi alla comparsa, in quest'epoca, di animali analoghi ai viventi, che non esistevano nelle altre più antiche.

dall'esistenza di grandi mammiferi appartenenti a generi non più viventi, delle nummuliti, ecc.

I tipi della parte superiore di questo terreno (*piano parigino*) si trovano nei bacini di Parigi e di Londra. A Parigi si osserva composta di arenaria con conchiglie e vegetabili d'acqua dolce; di gres con sabbie d'origine marina; di marne fluviatili col gesso famoso per i numerosi ossami fossili che contiene e che furono descritti da Cuvier; di calcaree grossolane con fossili abbondantissimi, fra cui il *Cerithium giganteum*, celebre per giungere talora alla lunghezza di 7 decimetri; di altre arenarie e finalmente di argilla plastica. Il bacino di Londra presenta varii strati sabbiosi, marnosi, argillosi, prima d'acqua dolce e poi marini, con molluschi e mammiferi analoghi a quelli di Parigi. Composizione affatto simile ha questo terreno anche in altre parti di Francia e d'Inghilterra, nel Belgio e nell'America meridionale; variando però assai da un luogo all'altro in quanto alla successione delle rocce ed alla loro potenza.

Intorno alla parte inferiore (*piano suessioniano*) vi furono e v'hanno ancora molti dubbii e molte discordanze fra le opinioni dei diversi geologi. Alcuni sedimenti con conchiglie e vegetabili lacustri che si trovano in gran parte della Francia sotto a quelli del piano parigino si ritenevano da molti spettare a questo stesso piano; ma numerose discordanze e differenze nei fossili inducono i moderni a disgiungerli ed a formarne un piano distinto. Altre rocce poi molto ricche di nummuliti (fig. 43), talora anzi composte quasi totalmente di esse, furono da alcuni unite al parigino, da altri al cretaceo superiore, e da altri ancora considerate come un terreno distinto da ambedue. Ma recenti osservazioni di d'Orbigny e Murchison sembrano aver decisa la quistione. Si son trovati i sedimenti nummulitici mancare totalmente in alcuni luoghi fra i terreni terziarii ed i cretacei; in altri luoghi esistere in tutta la loro potenza senza alcuna traccia di sedimenti del piano parigino o dei depositi cretacei recenti; in altri ancora for-

mare degli strati con manifesta discordanza sovrapposti agli strati cretacei più recenti. È ben vero che incontransi talora



Fig. 43. — *Nummuliti* (*).

gli strati nummulitici concordanti coi più recenti cretacei, oppure coi parigini; ma il frequente trovarsi isolati dagli uni e dagli altri e le suaccennate discordanze provano con certezza che gli strati nummulitici devono formare un gruppo distinto sì dai cretacei come dai parigini. In quanto ai fossili poi v'hanno dati ancor più sicuri. Secondo d'Orbigny, 9 generi di animali che trovansi nell'ultimo terreno cretaceo mancano affatto nei terreni nummulitici, mentre altri 156 mancano nei primi e trovansi nei secondi; 40 generi non s'incontrano che nei sedimenti suessioniani; 4 si trovano tanto nei cretacei quanto nei suessioniani e mancano nei parigini, e in fine 120 generi mancano nei suessioniani e s'incontrano nei parigini. In oltre i terreni cretacei non contengono mai vere nummuliti, ma altri fossili che vi rassomigliano molto (**); mentre le vere nummuliti non si rinvencono che insieme cogli altri fossili terziarii.

(*) Le *nummuliti* appartengono alla classe dei *foraminiferi*, che i moderni collocano tra i *zoofiti*. Questi *foraminiferi* sono animaletti, per lo più piccolissimi e assai semplici, racchiusi in una specie di conchiglia, che ha la forma generale d'una lente, ed è divisa in un numero più o men grande di concamerazioni disposte a spirale.

(**) Questi sono le *orbitoliti* od *orbuliti* ed altri generi affini, che anche essi hanno in generale la forma lenticolare, ma si distinguono per avere le concamerazioni interne disposte in più serie circolari, e non in una sola spirale come le nummuliti.



Fig. 44. — *Fucoidi* (*).

Avviene bensì talora, come nei Pirenei, che i terreni nummulitici, sovrastando concordemente ai terreni cretacei recenti, contengano nelle loro parti inferiori dei fossili cretacei misti ai proprii; ma può ben darsi che in que' luoghi i terreni delle due epoche siano succeduti gli uni agli altri senza alcuna interruzione, e che il continuo moto delle acque abbia smossi i sedimenti già fatti insieme con quelli che stavano formandosi ed abbia così mischiati i fossili delle due epoche; mentre in molti altri luoghi una qualche oscillazione del suolo rialzava gli strati cretacei e così dava origine alla discordanza fra essi ed i nummulitici, e divideva ben nettamente l'epoca cretacea dall'epoca eocenica. La miscela dei fossili cretacei e terziarii nelle parti inferiori dei terreni nummulitici non si può quindi addurre per prova della loro contemporaneità. Dietro tali fatti il d'Orbigny non esita a considerare i sedimenti nummulitici come distinti sì dai cretacei e sì dai parigini, e formanti parte del piano speciale ch'egli chiama *suessoniano*, perchè bene sviluppato presso Soissons, che dagli antichi si chiamava *Augusta Suessionum*.

Se ora passiamo dalle generalità su questo terreno, fondate per lo più sulle osservazioni fatte in Francia, ai depositi italiani, troveremo che anche in questo paese ve n'ha di ben distinti, che si possono riferire all'epoca eocena. Alcuni depositi lacustri che in Toscana si osservano sottoposti ai miocenici, e che son ricchi di gessi e ligniti, appartengono probabilmente all'epoca eocenica parigina. Ma i più importanti depositi eocenici italiani sono quelli con *fucoidi* (fig. 44) e con nummuliti. Nelle Alpi marit-

(*) 1. *Chondrites intricatus*; 2. *Ch. æqualis*; 3. *Ch. difformis*; 4. *Ch. Targionii*; 5. *Ch. affinis*. — Le *fucoidi* sono impronte di vegetabili analoghi alle *alghe* ed ai *fuchi*, che vivono oggidì nelle acque dolci e più aneora nel mare, e che, avendo una struttura semplicissima, cioè essendo composte di sole cellule riunite a formare un insieme di filamenti o di ramificazioni senza foglie e senza fiori, vengono classificate tra i vegetali *crittògami*. Formavano una volta un solo genere, *Fucoïdes*, che venne poi suddiviso in vari generi distinti, il più comune dei quali è il *Chondrites*, a cui spettano le specie qui figurate.

time, al lago di Lanzaier, al colle di Brans e nei dintorni di Nizza; in Piemonte, a Superga e Gassino; nelle colline lombarde, a Comabbio, fra il lago di Biandrono e quello di Varese, a Morosolo fra Gavirate e Varese, ad Induno, nella valle della Cosia fra Como ed Erba, al colle di Montorfano, a Centéméro in Brianza, fra Imbersago e Paderno lungo l'Adda, ad Almenno, Bergamo, ecc. (*); nel Vicentino, in Val Nera, a Monte Viale, a Roncà e Montecchio maggiore; negli Appennini di Toscana, a Mosciano, a Ponte a Sieve, nella Valle superiore del Tevere, ecc.; nell'Abruzzo Teramano, al Pizzo di Sivo, nelle Valli di Nereti, a Tottea e Civita Castellana, e nella provincia di Capitanata trovansi marne con fucoidi quasi sempre collegate con calcaree o brecciole o conglomerati o arenarie con abbondantissime nummuliti, talora grandi come i pezzi d'un franco e più, talora piccolissime a segno che non è possibile riscontrarle se non nelle rocce alterate dagli agenti atmosferici, col mezzo di lenti microscopiche e dopo una lunga pratica (**). Tutti questi depositi, come gli analoghi che s'incontrano anche nelle Alpi austriache, in Crimea, nei Carpazii, nell'Asia minore e nell'Imalaia (sino a 3000 piedi sopra il livello del mare), erano dal Pilla e dal Collegno riferiti al terreno cretaceo superiore od *etrurio*, e secondo d'Orbigny e Murchison dovrebbero appartenere all'epoca eocenica; la qual ultima opinione fu adottata da pochi anni anche dal nostro professor Balsamo.

(*) Le marne con fucoidi di Lombardia variano assai di colore, passando dal cenerognolo all'azzurrognolo, al giallastro, al rossastro, al color di caffè e latte e finalmente al rosso smorto. Ora sono sole, ora accompagnate coi depositi nummulitici, ed ora mancano ove trovansi questi ultimi. Non è ancora ben certo però se debbano considerarsi d'una sola epoca, o se si possa in Lombardia stabilire l'una o l'altra delle divisioni adottate da Pilla e da d'Orbigny. Il primo considera le marne più ricche di fucoidi come un membro inferiore del suo terreno *etrurio*, che è il nostro terreno eocenico inferiore; il d'Orbigny invece mette quelle fucoidi tra i fossili del suo piano parigino.

(**) In Toscana si aggiungono alle marne anche dei grossi banchi di un'arenaria compatta, dura, azzurriccia, detta dai Toscani *macigno*, e di un calcare marnoso, gialliccio o biglio, detto *alberese*.

Oltre alle rocce con furoidi e nummuliti, appartengono a questo terreno anche le marne giallastre del Monte Bolca nel Veronese, famose per la quantità immensa di pesci fossili che contengono in uno stato mirabile di conservazione.

Questo terreno a furoidi e nummuliti, abbondando per estesissime contrade, può servire come un ottimo orizzonte geognostico a determinare l'età dei terreni per mezzo del criterio stratigrafico o di sovrapposizione.

Le colline formate dal terreno parigino sono per lo più allungate, disposte come a scaglioni, con coste dolcissime, soventi colle sommità terminate in altipiani più o meno estesi. Gli strati eocenici inferiori sono per lo più di molto spessore, copiosi, rialzati anche a grandi altezze, ma bene spesso sono ancora orizzontali e formano basse colline.

Dal terreno eocenico si estraggono buone pietre da fabbrica, qual è la *pietra serena* dei Toscani, pietre da calce, gesso, sal gemma, nafta, ecc.; e le colline che in Italia ne sono formate danno alimento a prospera e rigogliosa vegetazione, come a viti, olivi, castagni, ecc., del che possono far fede, fra gli altri, i colli di Firenze, « che lo straniero, dice il Pilla, non si sazia di ammirare allorchè discende dall'Appennino di Bologna. »

102. Generalità sui terreni terziarii. — Questi terreni incontransi formare il suolo sopra grandi estensioni di terreno, ed offrono in generale l'aspetto di sedimenti depositati con tranquillità, ma frequentemente interrotti da perturbazioni generali e da oscillazioni locali che produssero sollevamenti, abbassamenti e discordanze di strati. I più recenti sono i soli che contengano avanzi ben certi di mammiferi, di quasi tutti gli ordini d'uccelli, di serpenti e batracii, ecc. Se poi con d'Orbigny consideriamo gli animali fossili sotto il riguardo del numero, troviamo 228 generi proprii dell'epoca cretacea e 1324 dell'attuale, che mancano nei terreni terziarii; e 735 generi proprii di quest'epoca, di cui 514 mancano nella cretacea e 221 nell'attuale. In quanto ai vegetali fossili si osserva che nell'epoca eocena si

trovano poche palme, gran quantità di alghe ed altri vegetali marini molto semplici, fra cui molti di forme diverse dalle europee d'oggi. Nell'epoca miocena abbondano assai le palme, e nell'epoca pliocena predominano invece i dicotiledoni, sono rare le palme e gli altri monocotiledoni, e in generale hanno molta analogia colle piante che si trovano oggidì nei paesi ov'esse s'incontrano sepolte.

Dal vedere animali e vegetali analoghi a quelli delle regioni calde distribuiti in modo uniforme nelle varie parti temperate e fredde del globo è facile dedurre che a que' tempi v'era una temperatura uniforme, forse prodotta dal calore centrale della terra, per effetto del quale non v'erano allora i climi distinti e le linee isotermitiche d'oggi.

Le rocce piriche che sgorgarono dalla corteccia terrestre durante quest'epoca sono la mimosite, la fonolite, la leucostina, la trachite, la dolerite, la basanite, il basalte, l'amtigenite o leucitofiro, ecc.

Epoca secondaria.

103. Generalità. — Sotto ai terreni terziarii ve n'hanno molti altri che pei fossili comè sotto ad altri riguardi formano varii gruppi ben distinti, i quali poi sono da alcuni geologi considerati come costituenti un tutto insieme, a cui danno il nome di *terreni secondarii* od anche quello di *ammonici*, perchè contengono in abbondanza moltissime specie di ammoniti (*).

(*) Il genere delle *ammoniti*, che comprende un gran numero di specie, tutte fossili, appartiene all'ordine dei *molluschi cefalopodi tentaculiferi*, caratterizzati dalla conchiglia esterna e divisa da tramezzi in tante camere, sovrapposte l'una all'altra, nell'ultima delle quali, che è aperta all'esterno, sta l'animale; v'ha poi un canale o tubo, detto *sifone*, il quale attraversa tutte le camere, dalla prima all'ultima, senza comunicare con esse. Nei *nautili* e nei generi affini il sifone passa per il centro dei tramezzi, e questi sono semplici o sinuosi, ma non ramificati, nè angolosi: nella famiglia delle *ammoniti* il sifone non passa pel centro dei tramezzi, e questi sono quasi sempre angolosi, ripiegati e contorti là

104. Terreni cretacei. — Il gruppo di terreni secondarii che sta immediatamente sotto ai terziarii dicesi dei *terreni cretacei*, perchè ne fan parte depositi assai estesi di calce carbonata bianca e terrosa, detta dai francesi *craie*, nome che dai geologi italiani vien tradotto comunemente per *creta*. La composizione mineralogica è assai variata nei diversi luoghi; talchè ben di rado serve come criterio a determinare l'età dei sedimenti. Formano gran quantità di colline e montagne, sollevandosi anche a grandi altezze, come avviene in molte parti dei Pirenei e degli Appennini. In alcuni paesi dan campo a divisioni molto esatte e ben definite; così il d'Orbigny potè distinguervi sette piani, la cui potenza totale è da lui valutata oltre a tremila metri: in altri paesi invece non v'è, o almeno finora non si trovò modo di fare se non poche grandi divisioni, e talora nemmeno queste appaiono ben distinte.

Per ben conoscere i terreni cretacei giova studiarli dapprima nei paesi al di là delle Alpi e poi in Italia; per il

dove si uniscono alle pareti della conchiglia, in modo da imitare fino a un certo punto i merietti increspati. Avviene spesso di trovare degli esemplari di questi fossili in cui, essendo stato riempito l'interno della conchiglia dalla materia minerale, ed essendosi distrutta la conchiglia, non rimane altro che la materia introdotta, la quale conserva perfettamente la forma dell'interno della conchiglia; in siffatti esemplari riescono facilissime ad osservarsi tutte le ripiegature di quel tramezzi, che servono come carattere distintivo dei varii generi della famiglia delle ammoniti. Così i tramezzi sono angolosi nei generi *Goniatites* (da altri chiamato *Agonides*) e *Ceratites*, ed assai ripiegati e ramificati nelle vere ammoniti e nei generi *Schaphites*, *Crioceras*, *Ancyloceras*, *Baculites*, *Hamites*, *Turrilites*, ecc.; i quali si distinguono fra loro per ciò che le vere ammoniti hanno la conchiglia ravvolta a spira, in un soi piano, coi giri contigui; le *scafiti* differiscono dalle ammoniti per ciò che l'ultimo giro della spira si distacca dagli altri e si ripiega ad uncino; le *ancilocere* sembrano scalliti, coi giri della spira non contigui; le *baculiti* hanno la conchiglia diritta e conica; le *amiti* l'hanno cilindrica e ripiegata a formare una spira ellittica, irregolare, tutta in uno stesso piano, ma coi giri non contigui; nelle *turriliti* la conchiglia è ravvolta a spira obliqua, in modo da formare un tutto conico e coi giri contigui, ecc. Alle baculiti somiglia il genere *Orthoceras*, per la conchiglia diritta e conica, ma se ne distingue per il sifone centrale e non laterale come nelle baculiti; per lo che questo genere si colloca nella famiglia dei nautili.

che li divideremo in due zone, la settentrionale e la meridionale.

105. Zona settentrionale. — Nell'Europa, al nord delle Alpi, il terreno cretaceo si può facilmente dividere in tre parti, cioè in *creta bianca*, *gres verde* e *terreno neocomiano*.

In Inghilterra trovansi superiormente molti banchi di *creta bianca*, tenera e terrosa (che dà al paese un tal aspetto biancastro per cui fu detto *Albione*), ricca di fossili (*) di rognoni e straterelli di selce e composta quasi interamente di gusci calcarei di animalletti infusorii microscopici. La parte di mezzo è composta, dall'alto al basso: di alcune arenarie chiamate *arenarie verdi superiori*, unite a sabbie verdognole ed a poca creta marnosa; di alcune argille e marne distinte col nome di *gault*, e di altre arenarie denominate *arenarie verdi inferiori*. La parte inferiore comprende un gruppo di argille grigie (e sono le così dette *argille wealdianè*, che ebbero questo nome da quello di Wealt, dato ad alcune parti delle contee di Kent e Sussex, dove abbondano), di sabbie ferruginose ed arenarie (che dal luogo ove trovansi più sviluppate diconsi *sabbie di Hastings*), e di una calcarea, denominata *calcarea di Purbeck*, composta quasi per intero da frammenti di conchiglie, e che contiene un gran numero di avanzi d'animali terrestri e d'acqua dolce, fra cui molti pesci, chelonii e saurii assai diversi dai viventi.

Nel Belgio ed in Francia il terreno cretaceo rassomiglia assai a quello d'Inghilterra; offre, cioè, dall'alto al basso, le seguenti parti:

1.° un *calcare pisolitico* con frammenti di corpi marini, che forma il *piano daniano*;

2.° la vera *creta bianca*, che circonda e sta sotto al terreno terziario del bacino di Parigi, e forma il *piano senoniano*, così denominato dall'essere bene sviluppato intorno alla città di Sens, ove abitavano gli antichi *Senones*;

(*) *Belemnites mucronatus*, *Baculites Faujassii*, *Turritiles costatus*, *Calittus Cuvieri*, *Ananchites ovata*, *Spatangus coranguinum*, ecc.

3.° una creta bianca con infiniti granelli verdi, *creta cloritica*, o *glauconia cretacea*, la quale si ritiene formare un piano distinto, che ebbe il nome di *piano turoniano*, trovandosene il miglior tipo nella Turenna, dagli antichi chiamata *Turonia*;

4.° altri strati di *creta cloritica*, che si considerano come un gruppo distinto, detto del *gres verde superiore*, sono talora rimpiazzati da arenarie grigie, da argille nerastre, da calcaree bianche, ecc., e dietro i loro fossili caratteristici e diversi da quelli degli altri gruppi, si riuniscono in un piano solo, detto *cenomaniano*, da *Cenomanum*, nome antico della città di Mans, dove trovasi ben caratterizzato;

5.° un gruppo di marne argillose e di sabbie verdi, denominate del *gres verde inferiore*, caratterizzato da fossili speciali, e che forma il *piano albiano*, così denominato dall'essere assai bene sviluppato nel dipartimento dell'Aube, *Alba* degli antichi;

6.° finalmente varie argille, marne, calcaree, arenarie, ecc., di varii colori, le quali da quasi tutti i geologi vengono riunite in un solo terreno speciale, che chiamano *neocomiano* perchè dove trovasi meglio caratterizzato è presso la città di Neufchâtel, in latino *Neocomium*. Altri invece, fondandosi sui caratteri paleontologici, le dividono in due gruppi, che sono il *piano aptiano*, bene sviluppato nei dintorni di Apt, ed il *piano neocomiano* (*).

Terreni simili a quelli di Francia ed Inghilterra trovansi anche in Danimarca, Svezia, Polonia; un po' differenti, ma

(*) Fossili principali del piano senoniano: *Belemnites mucronata*, *Acteonella gigantea*, *Ananchites ovata*, *Micrasler* (*Spatangus*) *coranguinum*, *Orbitoides media*, ecc. Del piano turoniano: *Acteonella laevis*, *Hippurites cornu-vaccinum*, *Hip. organisans*, ecc. Del piano cenomaniano: *Ammonites rothomagensis*, *Cardium hillanum*, *Ostrea columba*, *Scaphites aequalis*, *Baculites baculoides*, *Turrilites costatus*, ecc. Del piano albiano: *Ammonites Delucii*, *Beudanticus*, *Turrilites catenatus*, *Hamites attenuatus*, ecc. Del piano aptiano: *Nautilus plicatus*, *Ammonites fissicostatus*, *Ostrea aquila*, *Ancylóceras malheronianus*, ecc. Del piano neocomiano: *Belemnites latus*, *Amm. radiatus*, *Crioceras Duvallii*, *Spatangus reclusus*, *Rhynchonella* (*Terebratula*) *depressa*, ecc.

con eguali fossili, sono quelli di Germania, che comprendono una calcarea bigia e compatta detta *plänerkalk*, ed un'arenaria quarzosa detta *quadersandstein* o *arenaria di Koenigstein*.

106. Zona meridionale. — Passando dai terreni cretacei suddescritti a quelli d'Italia, trovansi considerevoli varietà nella composizione mineralogica, nei fossili, nella stratificazione, ecc. Ma questa differenza non è subitanea; e passando dal centro della Francia in Italia, si trovano delle zone intermedie in cui fossili e rocce vanno a poco a poco discostandosi da quelli del centro della Francia ed avvicinandosi a quelli d'Italia; e nelle vicinanze di Nizza osservansi strati di calcaree marnose, con grani cloritici e di arenarie, che rappresentano le principali divisioni del terreno cretaceo transalpino.

Nell'Europa meridionale il terreno cretaceo sembra potersi dividere in tre gruppi, che rappresentano quelli della zona settentrionale. Onde v'hanno:

1.° una serie di *calcaree marnose ed arenarie con catilli* (fig. 45), *ammoniti*, ecc.; che in Lombardia, nel



Fig. 45. — *Catillus Cuvieri* (*).

Veneto, nel Parmigiano, nel Piacentino, in Toscana e nel Napoletano rappresentano la *creta bianca* di Francia;

(*) I *catilli*, detti anche *Inocerami* (gen. *Catillus* o *Inoceramus*), sono conchiglie della famiglia delle ostracee, e quindi non simmetriche, colle valve ineguali e due impressioni muscolari sopra ciascuna valva. Di rado trovansi interi da noi, e distinguonsi per avere la superficie liscia da una parte ed a solchi concentrici dall'altra.

2.° alcune *arenarie*, *brecce*, *calcaree grossolane*, ecc., con *ippuriti* (fig. 46) e *acteonelle* (fig. 47), che nel Veneto,



Fig. 46. *Ippurite* (*).



Fig. 47.

Acteonella De Cristofori (**).

in Brianza, nel regno di Napoli, in Sicilia, ecc., rappresentano il *gres verde*;

3.° altre *calcaree bianche* o *chiare compatte*, con *came*, *nerinee*, *crioceri*, ecc., che nel Veneto, ove formano il così

(*) Le *ippuriti* sono *molluschi brachiopodi*, muniti d'una conchiglia assai ineguale. Una valva ha la forma generale conica o ad imbuto, molte strisce longitudinali alla superficie, sì che somiglia fino ad un certo punto all'unghia d'un cavallo; d'onde il nome di *ippurite*, giacchè in greco *ippos* significa *cavallo*. L'altra valva è quasi un coperchio che chiude l'apertura della prima. Spesso si trovano parecchie di queste conchiglie insieme saldate, nel modo rappresentato dalla figura.

(**) Il genere *Acteonella* appartiene all'ordine dei *Molluschi gasteropodi pettinibranchi*. La figura dimostra abbastanza i caratteri di questa specie, che il professor Balsamo considera diversa dalla *A. gigantea*, e non ancora descritta.

detto *biancone*, e nell'Italia meridionale rappresentano il *terreno neocomiano* (*).

I terreni cretacei, assai estesi, insieme coi terreni terziarii, nel bacino da Parigi a Londra, nel sud-ovest della Francia, nelle Alpi occidentali, nei Carpazii, in molte parti degli Appennini, ed in moltissime contrade fuori d'Europa, offrono varie forme e flore secondo le loro diverse parti. In generale però vi abbondano i brachiopodi rudisti (ippuriti), i molluschi briozoarii, i cefalopodi tentaculiferi, ecc.: e sono i più antichi terreni in cui si trovino i pesci cicloidi e ctenoidi, gli uccelli palmipedi e varie razze di foraminiferi. La presenza dei medesimi animali nei terreni cretacei in ogni parte del globo prova che allora v'era una temperatura uniforme, dovuta assai probabilmente all'azione del calor centrale della terra. Anche in questi terreni v'hanno tracce di oscillazioni del suolo,

(*) In Lombardia la calcarea marnosa che rappresenta la creta, varia dal bianco al grigio, al color di caffè e latte, al rossastro, e si divide facilmente in iscaglie, per il che da taluno fu detta *scaglia*, e si trova a Morosolo, nella valle della Cosia fra Como ed Erba, a Monguzzo, in Brianza (e segnatamente nei colli di Brenno, Masnaga, Montev ecchia, ecc.), fra Paderno, ed Arlate, fra Brivio e Pontida, ad Almenno, in Val del Giunco, ecc., e contiene abbondanti avanzi di catilli (*Catillus Cuvieri*, *C. Lamarckii*, *C. Cripsii*), qualche *Ammonites rothomigensis*, e qualche *Hamites*. Talvolta, per la somiglianza dei caratteri mineralogici, questo terreno si confonde coll'eoceno, caratterizzato dalle fucoidi e dalle nummuliti. Nel Veneto, secondo De Zigno, il terreno cretaceo s'avvicina assai a quello di Lombardia.

In quanto alla roccia ippuritica, essa in Lombardia è una puddinga a ciottoli di varia grossezza, che forma strati assai grossi a Sirone in Brianza, ove si scava per farne macine; ma trovasi in istrati minori, alternante con varii calcari marnosi, anche al monte San Genesio, al monte Canto, alla collina di Masnaga, ecc., e contiene varie ippuriti (*Hipp. biocutata*, *sulcata*, *organisans*) e l'*acteonella*, che il professore Balsamo distinse col nome di *Acteonella De Cristoforis*.

Finalmente le calcaree psammitiche, cioè ricche di mica, compatte, senza fossili, che in Brianza si trovano sottoposte agli altri strati cretacei sud-descritti (da Suello a Casletto e Rogeno, da Galbiate a Consonno, a Montev ecchia, ecc.), e, secondo il prof. Balsamo, anche alcuni strati di calcareli biancastri con selci fra Calco ed Airuno, sembrano rappresentare in Lombardia il terreno neocomiano.

e di grandi cataclismi che separarono le varie epoche corrispondenti ai diversi piani, e che si manifestano oggidì nelle discordanze fra gli uni e gli altri.

Le rocce piriche che emersero all'epoca cretacea sono il basalte, la dolerite e qualche altra analoga.

Gli strati cretacei sono per lo più orizzontali o poco inclinati nella zona settentrionale; grandemente raddrizzati invece e sconvolti nella meridionale; e perciò formano costiere allungate, poco alte e non molto frastagliate nell'Europa settentrionale, montagne scoscese, alte e attraversate da grandi vallate nei Pirenei, nelle Alpi e negli Appennini.

La creta bianca, che serve a fabbricare il così detto *bianco di Spagna*, le selci, usate per foggjar pietre da fucile, il ferro idrato, alcuni combustibili fossili ed un gran numero di marne utili per l'agricoltura o per cavarne calci idrauliche, e di pietre da fabbrica sono le più importanti materie utili offerte dai terreni di cui parliamo. Essi porgono suoli assai variamente atti alla vegetazione: così, per esempio, la creta bianca quando non è ricoperta da materie alluvionali dà per lo più un suolo secco e poco fertile, e le calcaree neocomiane sono assai atte alla coltivazione dell'ulivo, allorchè trovinsi in climi favorevoli.

107. Terreni giuresi. — I terreni che stan subito sotto ai cretacei si dissero *giuresi* perchè trovansi bene sviluppati nei monti del Giura nella Svizzera; la parte superiore fu detta *oolitica*, perchè la roccia giurese più abbondante nei paesi d'oltralpe è un calcare oolitico; la inferiore *liasica*, perchè in Inghilterra diconsi *lias* alcuni strati che vi appartengono. Questo terreno consta per lo più di rocce calcaree, argillose, talora bigie, oscure, bituminose e spesso trasformate in estesi ammassi di dolomia; ed è poi notevole pel gran numero di ammoniti (fig. 48), di belemniti, di crinoidi e di rettili sauroidi, spesso giganteschi e diversissimi dai viventi, che contengono allo stato fossile. La potenza totale di questo terreno è dal d'Orbigny valutata a più di 1500 metri.



Fig. 48. — *Alcune ammoniti giuresi* (?).

Anche questi terreni giova studiarli dapprima nel nord d'Europa, poi in Italia.

108. Zona settentrionale. — In Inghilterra i terreni giuresi si dividono in due serie.

La *serie oolitica*, che è la più recente, consiste delle seguenti parti, enumerate dalle più recenti alle più antiche:

1.^o l'*oolite di Portland* (*Portlandstone* degli Inglesi), che è una calcarea oolitica o granellosa, con varii fossili caratteristici, e forma il *piano portlandiano*;

2.^o le *argille di Kimmeridge* (*piano kimmeridgiano*), con fossili analoghi ai portlandici;

3.^o il *coral-ray* (*piano coralliano*), che è una calcarea con gran quantità di madrepore e di altri polipai, ecc.;

4.^o l'*argilla d'Oxford* (*piani oxfordiano e calloviano*), con marne e calcaree oolitiche, e molti fossili caratteristici, fra cui numerose ammoniti;

5.^o la *grande oolite*, formata di calcarei schistosi (*cornbrash* degli Inglesi), conchigliiferi (*forest-marble* degli Inglesi), marne argillose e calcarei marnosi ed oolitici, con molti fossili, e che formano un piano denominato *batoniano* perchè bene sviluppato a *Bath*;

(*) 1. *Ammonites thouarsensis*; 2. *Am. obtusus*; 3. *Am. talricus*; 4. *Am. heterophyllus*; 5. *Am. hecticus*; 6. *Am. biptex*; 7. *Am. communis*; 8. *Am. Conybeare*; 9. *Am. bisulcatus*; 10. *Am. bifrons*. L'*Am. heterophyllus* è rappresentato nella figura come un esemplare ridotto quasi al solo modello interno e che non conservi se non una piccola parte del guscio della conchiglia, distinto per le strisce che ne coprono la superficie. Le linee tortuose su tutto il resto dell'esemplare indicano le tracce lasciate dai tramezzi nella materia minerale di cui fu riempita la conchiglia allorchè rimase sepolta nel sedimenti marini. Siccome uno dei caratteri più importanti delle ammoniti consiste nella forma del dorso dell'ultimo anfratto (giro), e questa si riconosce distintamente esaminando di fronte la superficie di rottura dell'ultimo anfratto, alcune ammoniti le abbiamo rappresentate in iscorcio, affinchè se ne possa vedere ad un tempo il dorso ed uno dei lati, e delle altre abbiamo rappresentate separatamente un lato ed il dorso. Così dalla figura 2 a, che rappresenta di fronte la superficie di rottura dell'ultimo anfratto della conchiglia 2, vedesi che il dorso presenta un sol rialzo mediano, foggiate come la carena d'un bastimento; dalla figura 9 a si riconosce che il dorso è assai largo e percorso nel suo mezzo da tre carene separate fra loro da due solchi, ecc.

6.° l'*oolite inferiore*, composta di calcarei oolitici, compatti, con ferro oolitico, che si appoggiano sopra marne e gres marnosi, micacei, verdi, e costituiscono il piano *baiociano*, così chiamato dall'essere meglio caratterizzato a Bayeux, *Bajou* degli antichi.

La serie inferiore, detta *liassica*, consta di tre gruppi, che sono:

1.° il *lias superiore*, composto di calcaree con molte *belemniti* (*) ed altri fossili, e che forma il piano *toarciiano*, così denominato da *Toarcium*, nome latino della città di Tours.

2.° il *lias medio* (*piano liusiano*), che consta di calcaree compatte, a vario colore, e di marne sfogliate;

3.° il *lias inferiore*, formato di gres quarzosi, calcaree, con marne e lumachelle, ecc., che costituiscono insieme il piano *sinemuriano*, così chiamato da *Sinemurium*, nome latino della città di Semur: i quali tre gruppi sono caratterizzati dal gran numero di ammoniti che contengono. Gli schisti di Stonesfield, in cui fu trovato il più antico osso fossile d'uccello, sono riferiti alla grande oolite; ed al *lias* appartengono altri sedimenti in cui si rinvennero impronte, scheletri ed ossa di rettili sauroidi assai diversi dai viventi, come gli *ittiosauri*, i *plesiosauri*, ecc. (**).

(*) Le *belemniti* sembrano bastoncini cilindrici, terminati in punta, e si credono gli avanzi di animali analoghi alle seppie. Difatti, paragonando la struttura della punta cilindrica che termina l'osso interno delle seppie con quella delle *belemniti* fossili, non si trova quasi altra differenza fuorchè nella grandezza.

(**) Tra i rettili sauroidi, caratterizzati dalle membra per lo più in numero di quattro, dalla colonna vertebrale d'ordinario assai lunga, dalle coste molto numerose, dalle vertebre colle facce articolari ora concave ed ora convesse, ecc., si distinguono: i *dinosauri* (*megalosauri*, *ileosauri*, *iguanodonti*, ecc.) per la statura gigantesca, le ossa lunghe con un midollo interno, come nei mammiferi, i piedi analoghi a quelli dei pachidermi, l'osso sacro formato di cinque vertebre saldate insieme, ecc.; i *coccodrilliformi* (*teleosauri*, *steneosauri*, *cetiosauri*, ecc.) per il corpo coperto di piastre ossee, i denti conici ed infissi in appositi alveoli, l'osso sacro di due vertebre, ecc.; i *laceriliformi* (*protorosauri*, *mosasauri*, *grosauri*, ecc.) per il corpo coperto di piccole squamme, la bocca breve,

In Francia si rinvennero gruppi analoghi agli inglesi. Nel Giura osservansi già alcune differenze, ma ancora non molto grandi; gli strati argillosi e marnosi sono ridotti rari e sottili, i calcari divengono potenti e per lo più bigi o bianchicci e compatti, assai sconvolti (*).

I denti di raro con alveoli proprii, ecc.; gli *enaliosauri* per le vertebre simili a quelle dei pesci, cioè biconcave, il tronco da lucertola, i denti da coccodrillo, le zampe analoghe a quelle dei cetacei, ecc.; i *labirintodonti* per i denti con una struttura assai complicata; ed i *pterodattili* per avere a ciascuna zampa anteriore un dito allungatissimo e che serve d'attacco ad una membrana stesa fra le gambe anteriori, il tronco e le gambe posteriori destinata al volo. Agli enaliosauri appartengono: gli *ittiosauri*, che avevano l'aspetto generale d'un cetaceo, il collo breve, la testa assai grande, i denti numerosi, ecc.; i *plesiosauri*, distinti per il collo lunghissimo e somigliante al corpo d'un serpente, la testa piccola e poco armata, ed i *simosauri*, caratterizzati dall'avere i fori del capo straordinariamente ingranditi. Anche in Lombardia trovaronsi esempli di questi rettili singolari. A Perledo infatti, sul lago di Como, si trovarono parecchie impronte di scheletri, delle quali una si riconobbe per un vero ittiosauro, un'altra si trovò d'un genere analogo ai plesiosauri e venne distinta da Curioni col nome di *Lariosaurus*, ed una terza fu dallo stesso Curioni presa per tipo d'un altro genere nuovo, *Macromirosaurus*, distinto dagli enaliosauri per le sue zampe pentadattili. Finalmente si scoprì a Besano, presso Varese, alcune tracce ben determinate di rettili appartenenti al gruppo dei simosauri, che finora non s'incontrarono se non nei terreni triassici, mentre gli altri enaliosauri sembrano proprii dei terreni giuresi e cretacei.

(*) Principali fossili del piano portlandiano: *Exogyra virgula*, *Pholadomya acuticosta*, *Myarugosa*, *Terebratula sitta*, *Ostrea deltoidea*, ecc. Del piano coralliuo: *Nerinea Godhatii*, *Ner. Mosæ*, *Astarte minima*, *Ast. elegans*, *Diceras arietina*, ecc. Dei piani oxfordiano e calloviano: *Astoria ovata*, *Belemnites hastatus*, *Ostrea (Gryphæa) dilatata*, *Terebratula diphyæ*, *Ammonites cordatus*, *canalicatus*, *macrocephalus*, ecc. Del piano batoniano: *Amm. discus*, *hecticus*, *Ostrea acuminata*, *Terebratula digona*, *globata*, *spinosa*, ecc. Del piano baiociano, oltre ad alcuni del precedente: *Belemnites giganteus*, *Ammonites interruptus* (*Parkinsonii*), *Humphresianus*, ecc. Del piano toarciano: *Ammonites serpentinus*, *bifrons* (*Walcolii*), *comensis*, *heterophyllus*, *latricus*, *sternalis*, ecc. Del piano liasiano: *Amm. spinatus*, *Lima punctata*, *Pecten æquivalvis*, *Ostrea (Gryphæa) cymbium*, ecc. Del piano sinemuriano: *Amm. bisulcatus* (*Bucklandi*), *obtus*, *Conybeari*, ecc., *Chemnitzia semicostata*, *Cardinia hybrida*, *Ostrea (Gryphæa) arcuata*, *Pecten lugdunensis*, *Spirifer Walrolii*, ecc.

109. Zona meridionale. — Presenta differenze assai marcate, massime nella struttura mineralogica, per il che ab-

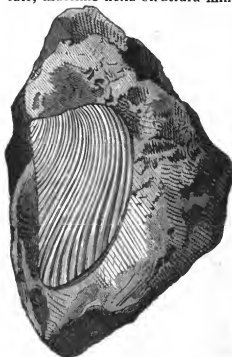


Fig. 49. — *Aplous lamellosus* (*).

bisogna uno studio ben regolato dei fossili a fine di riscontrarvi le divisioni ammesse per la settentrionale.

Nelle Alpi lombarde si distinguono varii gruppi dell'epoca giurese; e cominciando dalle superiori, sono:

1.° Una calcarea bianca, compatta, detta *maiolica*, quasi senza fossili;

2.° Una calcarea rossa marnosa, assai ricca d'ammoniti, belemniti, aptichi (fig. 49) e fucoidi, detta perciò *calcarea rossa ammonitica*, con selci rosse;

(*) Gli *aptichi* sono valve triangolari, ornate di solchi o di strisce longitudinali, e che furono oggetto di lunghe dispute fra i paleontologi. Alcuni, fra cui Sowerby, li considerarono per mascelle di pesci; Rüppel e Voltz, trovandoli spesso nell'ultima camera delle ammoniti, li presero per opercoli di queste conchiglie; Deshayes li riteneva come parti interne delle stesse ammoniti; altri ancora li credettero ossa interne analoghe a quelle delle seppie; altri li classificarono tra le conchiglie bivalvi; e finalmente il d'Orbigny, considerando che i molluschi analoghi alle ammoniti non hanno né opercoli né altre parti interne dure, che la struttura delle ossa interne dei molluschi e quella delle conchiglie bivalvi sono diverse da quella degli aptichi, e che d'altra parte v'ha una grandissima somiglianza fra questi corpi e le valve che rivestono le anatifè, non dubitò punto dall'abbracciare l'opinione che considera gli aptichi come avanzati di cirripedi analoghi alle anatifè; opinione che era già stata proposta da Schuchzer e Knorr, e che sembra oggidi più generalmente adottata. L'osservazione poi che le anatifè viventi sogliono vivere attaccate

3.° Una calcarea grigia, con selci grigie o nere;

4.° Un'altra calcarea più oscura, ora con vene spatiche bianche, ed ora a struttura laminare e con grandi ammoniti, ed altre volte cangiata in dolomia: questa calcarea e la precedente sono spesso rimpiazzate, in tutto od in parte, da altre calcaree di vario colore, ricche di fossili e specialmente di terebratule, pentacriniti (fig. 50), spiriferi, ecc.

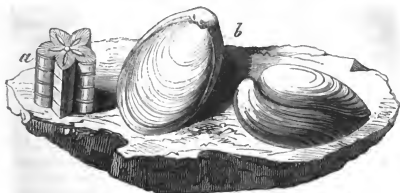


Fig. 50. — a) *Pentacrinites basaltiformis*.

b) *Terebratula ornithocephala* (*).

a corpi galleggianti, come ai nautili, alle spirule, ai bastimenti, ecc., serve a spiegare come gli antichi trovinsi d'ordinario insieme colle ammoniti, che dovevano essere conchiglie eminentemente atte a galleggiare sull'acqua, a motivo delle loro concamerazioni ripiene d'aria.

(*) Le *terebratule* stanno fra i *molluschi brachiopodi*, insieme agli *Spirifer*, ai *Productus* ed a molti altri generi, e si distinguono alla loro conchiglia tondeggiante, alla valva inferiore più grande e coll'apice che si rialza sull'altra, formando come un becco od uncino, con un foro sulla punta e due piccoli rialzi angolosi fra questo foro e la cerniera. Nell'interno della conchiglia delle terebratule, degli spiriferi e di altri generi v' hanno delle appendici ossee, alle quali si attaccano le lunghe braccia di cui è fornito l'animale, e che sono ad uncino nelle terebratule, avvolte a spira negli spiriferi, ecc.; e mancano in altri generi, come per esempio nei *Productus*. I *pentacriniti* appartengono agli *echinodermi crinoidi*, che si possono quasi considerare come stelle di mare od asterie, colle braccia assai allungate e suddivise, e con un piede lungo o tronco cilindrico o prismatico che parte dal centro della stella e serve a sostenere l'animale, fissandosi sui corpi sottomarini. Ebbero il nome di crinoidi dalle braccia quasi ridotte in filamenti sottili e col loro insieme somiglianti ad una ciocca di capelli. Il piede e le braccia sono articolati, cioè com-

5.° Un gruppo di schisti marno-carboniosi, con fossili assai abbondanti.

Tutti questi gruppi di strati formano una larga fascia lungo le falde delle Alpi (*).

posti di pezzetti collocati gli uni sugli altri. Fra tutti i crinoidi, i *pentacriniti* si distinguono per il tronco a 5 angoli, gli *apiocriniti* per il tronco cilindrico, assai lungo, ecc.

(*) Il *marmo maiolica* è assai compatto, con frattura concoide, per lo più bianco, talora traente al cenerognolo od al rossigno, e contiene spesso nuclei e straterelli di silice o pietra focaia bianca. Si vede dal lago di Varese al lago Maggiore, alla base del Campo dei Fiori, fra Viggiù, Sallorio ed Arzo; manca ad Induno; trovasi poi da Camnago all'Adda lungo la strada postale in varii luoghi, nel Bergamasco, presso Brescia, nel Veronese, ecc. In molti luoghi fa passaggio alla calcarea rossa sottoposta, contenendo straterelli rossastri o verdastri, e conta pochi fossili, qualche belemnite, qualche ammonite, qualche aptico, ecc. Nel Veneto v'è una roccia analoga in apparenza al maiolica e detta *biancone*, ma, pei fossili che contiene, deve riferirsi all'epoca neocomiana. Dicesi però che vi esiste anche il vero maiolica giurese, come per esempio a Possagno nel Veronese.

La *calcarea rossa ammonitifera* trovasi sempre inferiormente al maiolica, o, quando questo manca, sotto ai terreni cretacei, come ad Induno. È marnosa, ora compatta ed ora friabile e con un po' di mica, e del colore dei mattoni bagnati, con nuclei e straterelli di selci rosse e scure, spesso di aspetto assai bello; non ha molta potenza ed è assai ricca di ammoniti, appartenenti quasi ad ogni gruppo della serie liassica, specialmente ad Erba ed Induno, dove alle ammoniti trovansi uniti alcuni aptichi, alcune belemniti, qualche turritella, ecc.

La *calcarea bigia silicifera* è di un colore più o meno oscuro con nuclei e straterelli di pietra focaia scura o nera; trovasi da per tutto sotto al calcare rosso, e di rado contiene qualche ammonite.

La *calcarea nera* è sempre sottoposta alla grigia. A Moltrasio, sul lago di Como, si sfalda in lamine e contiene grandi ammoniti, che sembrano più simili all'*obtusius* che al *bisulcatus*, talora del diametro di mezzo metro e più. Forma anche il marmo nero di Varenna, ed a Perledo contiene pesci e rettili fossili. Spesso è trasformata in una vera dolomia, che chiameremo *dolomia superiore o giurese*, per distinguerla da un'altra più antica. Questa contiene talora dei fossili (*Cardium triquetrum*), è poco cristallina, oscura o quasi nera, quasi sempre assai bituminosa, qualche volta al punto da mandar odore quand'è percossa dai raggi solari. Il Resegone, i monti della Vallassina, l'Alben, l'Araralta, ecc., sono di questa dolomia.

Dell'epoca giurese sono anche le *calcaree a varii colori di Sallorio*, che contengono gran numero di fossili liasici, fra cui vanno distinti i se-

Altri terreni giuresi d'Italia sono: le calcaree brune, compatte, con vene spatiche, che formano marmi; le dolomie grigie, gli schisti bruni marnosi, le calcaree e alcuni schisti friabili con numerose ammoniti, ecc., del Golfo della Spezia; le calcaree che allo stato metamorfico formano il marmo di Carrara ed altre rocce con esse alternanti, spesso metamorfiche, delle Alpi apuane, dei monti di Vecchiano presso Pisa, del Senese, di Campiglia nella Maremma toscana, delle due Sicilie, ecc.

Vedemmo già quali siano i principali fossili di quest'epoca, e come vi esistano gran numero di ammoniti, molti rettili assai diversi dai viventi, ecc.; aggiungeremo ora che le piante fossili giuresi si avvicinano alquanto a quelle dei terreni più antichi, essendo assai abbondanti le affini alle palme, alle felci, ecc. Anche in questi terreni si trovano tracce di una temperatura uniforme su tutta la superficie terrestre, e molto vicina a quella delle zone tropicali odierne, tracce di oscillazioni del suolo, e di cataclismi generali che separano i diversi gruppi di sedimenti e li rendono fra loro discordi.

Vi hanno geologi che riferiscono a quest'epoca l'emersione di alcuni basalti, melafiri ed anche di graniti; ma altri non ammettono quell'opinione, almeno per riguardo ai graniti.

Gli strati sono per lo più orizzontali, o poco dislocati nella zona settentrionale, e formano alture simili alle cretacee: nella zona meridionale invece trovansi rialzati, contorti, sconvolti in mille guise, e formano montagne elevate,

guenti: *Lima Hermannii*, *Pecten textorius*, *Spirifer Walcotii*, *Terebratula ornithocephala*, *Penlacrinites basalliformis*, *Nautilus striatus*, *N. excavatus*, *N. lineatus*, *Ammonites obtusus*, *A. Buklandi*, *Cardinia hybrida*, *Terebratula nymismalis*, ecc.

Finalmente sotto alla dolomia suddetta v'hanno degli *schisti bituminosi* o *marno-carboniosi*, ben visibili nella Valle di Guggiate presso Bellasio, alla Madonna del Soccorso sul lago di Como, e in molti luoghi della parte meridionale della Val Brembana, ecc. Questi schisti sono ora assai ricchi di mica ed ora no; sempre molto friabili, sicchè quasi sempre hanno l'aspetto di carbonella. I fossili determinati in questi schisti li fanno riferire certamente all'epoca liassica inferiore.

cadenti a grandi balze, divise da anguste e profonde valli, e, quando le rocce sono dolomitiche, colle sommità frastagliate a mo' di aguglie e piramidi.

Qualche minerale di ferro, qualche combustibile fossile, molte pietre da costruzione, d'ornamento, ecc., sono le materie utili che danno questi terreni; i quali nei paesi del settentrione vedonsi spesso coperti di belle praterie e ricchi vigneti, e nel mezzogiorno d'Europa portano quasi sempre folte boscaglie e forniscono ricche sorgenti d'acqua, che escono bene spesso da grandi spelonche e caverne.

110. Terreno triassico, o trias. — Questo terreno ebbe un tal nome da ciò che in Germania si divide in tre gruppi ben distinti, detti del *keuper*, del *müschelkalk* e del *buntersandstein*.

111. Keuper, o marne iridate. — Il gruppo più recente è composto, in serie discendente: di arenarie e calcaree con molti residui di rettili e pesci; di puddinghe e arenarie con qualche straterello di combustibile; di marne sabbiose, arenarie, marne argillose, ecc., in gran parte variegata di rosso e di verde, predominando il rosso; di calcaree dolomitiche giallastre con qualche conchiglia fossile; di marne calcaree schistose, dolomitiche e schisti alluminosi con banchi alternanti di lignite argillosa (detta *lettenkohle* dai Tedeschi); di argille e arenarie con molti residui di piante; e finalmente di marne ed argille contenenti grossi banchi di sal gemma, onde questo terreno venne anche detto *terreno salifero* (*).

112. Müschelkalk, o calcare conchigliifero, o conchigliare. — Al *keuper* segue una potente formazione, la quale, per la copia di fossili che contiene, ebbe il nome di *calcare conchigliifera*. Le marne iridate, alternando con delle calcaree bituminose o grigie, formano spesso un passaggio a questa formazione; la quale è in generale composta di

(*) Questa formazione contiene molti residui fossili, fra i quali si notano come caratteristici i seguenti: *Calamites arenaceus*, *Modiola minuta*, *Avicula socialis*, *Mya mactroides*, *Trigonia vulgaris*, *Trigonia curvirostris*, *Possidonia minuta*, ecc.

calcaree di color grigio fumo, compatte o biancastre, per lo più in stratificazione orizzontale nel nord d'Europa. (d'onde il nome di *calcaree orizzontali*) e povere di fossili; di una dolomia giallastra con pochi nuclei di fossili; di calcaree schistosi, quasi neri, con abbondanti encrini; di argille, calcaree e marne con gesso, anidrite e sal gemma; e finalmente di calcaree compatte con impronte ondulate (d'onde il nome tedesco di *wellenkalk*), e di marne, argille ed arenarie di vario colore, per lo più scure e contenenti anch'esse del gesso e del sal gemma (*).

113. Buntersandstein, o arenaria pecciliana. (*Grès bigarré*). — La parte inferiore del trias è formata da una massa molto potente, che comincia con marne argillose e arenarie argillose con mica, e schisti argillosi e dolomitici, che spesso contengono gesso; e prosiegue per la massima parte costituita di arenarie molto compatte, talora fissili, ma che spesso non offrono tracce di stratificazione e passano nella parte inferiore in un'arenaria a grossi grani, in un conglomerato siliceo e finalmente in pochi schisti argillosi. Tutta questa formazione è caratterizzata, più che da altro, dal suo vivo colore rosso amaranto, screziato spesso di bianco, e talora ondato di verde o di azzurro, le quali variazioni nel colore sono talora i soli indizii dei piani di stratificazione, quando la roccia è massiccia. I colori però non si distinguono mai nettamente fra loro, ma si trasmutano e si fondono l'uno nell'altro quasi insensibilmente (**).

(*) Questa formazione è caratterizzata dai seguenti fossili: *Ceratites nodosus*, *Avicula socialis*, *Nautilus bidorsatus*, *Trigonia pes anseris*, *Mytilus eduliformis*, *Pagiostona striatum*, *Plag. lineatum*, *Pecten levigatus*, *Lingula tenuissima*, *Encriniles liliiformis*, *E. moniliformis*, *Terebratulula vulgaris*, *Trigonia vulgaris*, *Rostellaria scalata*, *Turritiles dubius*, *Avicula Bronni*, *Mya mactroides*, *Pemphyx Alberti*, *Trigonia Wathelyæ*, *Avicula pectiniformis* od *Hatobia Lomettii*, ecc.

(**) Fossili caratteristici: *Avicula socialis*, *Mytilus eduliformis*, *Trigonia vulgaris*, ecc. Questa formazione contiene anche numerosi denti di pesci e rettili nella parte superiore, e un buon numero di felci, di equiseti e d'altre piante acotiledoni, fra cui il genere estinto *Woltzia*.

Mentre il *keuper* forma, secondo il d'Orbigny, un gruppo distinto, ch'egli chiama *piano salifero*, il *müschelkalk* e il *buntersandstein* ne formano insieme uno solo, detto da lui *piano conchigliare*.

Tale è la composizione del trias al di là delle Alpi: in Italia non è molto tempo che si scopersero sedimenti che possiamo riferire certamente a quest'epoca. Tali sono: nel Veneto, alcune arenarie sottoposte alle rocce giuresi, una calcarea ricca di conchiglie triasiche, ed un'arenaria con marne rosse e verdi; in Lombardia, altre rocce analoghe, cioè alcune marne a varii colori, poche calcaree ricche di fossili (fig. 51, 52, 53, 54, 55 e 56) ed un gruppo di arenarie a varii colori, che si osservano bene nella valle Brembana e nelle altre valli sino al lago di Garda; in Tirolo alcune calcaree assai ricche di fossili a San Cassiano, nelle Alpi apuane in Toscana, alcuni schisti e alcune calcaree, ecc.

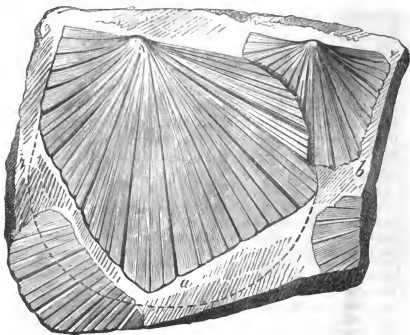


Fig 51. — *Avicula pectiniformis*.

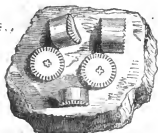


Fig. 52. — *Encrinurus moniliformis*.



Fig. 53. — *Ceratites nodosus*.



Fig. 54. — *Encrinurus liliiformis*.



Fig. 55. — *Trigonon vulgaris*.



Fig. 56. *Trigonon Wathelyae*.

Sui quali terreni triasici d'Italia, come sugli altri d'età più antica, ci riserbiamo di ritornare con maggiori particolari quando parleremo della costituzione geologica dell'Italia; giacchè là potremo esporre in breve i fatti su cui si appoggiano le distinzioni e determinazioni di questi terreni, mentre volendo entrare ora in siffatte discussioni, saremmo obbligati a ripetere più volte le stesse cose.

Come gli altri terreni, i triasici sono poco sconvolti nel nord d'Europa, assai invece nel mezzogiorno, ove giungono a formare cime altissime nelle catene montuose. Le principali materie utili che se ne estraggono sono varie pietre da costruzione, il gesso, il sal gemma; e le rocce tutte danno spesso un suolo attissimo alla vegetazione.

La potenza totale del trias può essere valutata a più di 700 metri, ed i fossili sono assai differenti dai giuresi e da quelli dei terreni più antichi. È il più profondo terreno in cui si trovino uccelli, chelonii, crostacei, decapodi, molluschi della famiglia delle ammoniti, pentacriniti, ecc.; vi abbondano molte specie di rettili giganteschi e molte di encrini. E finalmente anche questi terreni presentano tracce di oscillazioni e di sollevamenti, prodotti da emersioni di argillofiri e leerzoliti, e, secondo alcuni, fors'anche di graniti e di basalti.

Epoca paleozòica.

114. Generalità. — Ricevono tal nome tutta la serie dei terreni che stan sotto ai triasici, sino a quelli che non contengono fossili. Altri li chiamano *di transizione*, *protozoici*, *primarii*, perchè fanno quasi un passaggio dai terreni cristallini ai secondarii, perchè contengono i primi animali che comparvero sulla superficie del suolo, e per altre simili considerazioni.

Questi terreni formano pel d'Orbigny quattro piani, che in serie discendente sono: il *permiano*, il *carbonifero*, il *devonico* ed il *silurico*, la potenza totale dei quali si può valutare a più di 13000 metri.

115. Terreno permiano, o peneano. — Il nome di *peneano*, più antico, deriva da un vocabolo greco che significa *povero*, perchè questo terreno contiene un'arenaria rossa che in Germania è *povera* di minerali metalliferi. L'altro nome, datogli dopo, deriva dal trovarsi questo terreno bene sviluppato nei dintorni di Perm in Russia.

Viene generalmente diviso in due gruppi o formazioni, delle quali la superiore dicesi del *calcare magnesiaco*, del *calcare alpino*, o *zechstein*, l'inferiore *arenaria rossa*, *gres rosso*, o *rothe-todte-liegende*.

116. Zechstein. — Questo gruppo è composto di varie formazioni minori. Superiormente trovansi delle marne grigie, dette dai Tedeschi *letten*; e segue una calcarea bituminosa, bruna nerastra, talora con gesso o con vene di calcarea fetida, detta *stinkstein*. Poi vengono: una dolomia argillosa grigia bituminosa e con molta sabbia, che ha dai Tedeschi il nome di *asche* o di *rauchstein*, secondo che cade in polvere od è compatta; un'altra dolomia grigia, cellulosa e cavernosa, detta dai Tedeschi *rauchwake*; una calcarea grigia o nerastra, compatta, a frattura concoide, detta propriamente *zechstein*; un'altra calcarea schistosa, grigia, denominata *dach* o *tetto*, perchè ricopre i *kupferschiefer*, cioè gli *schisti cupriferi*, che sono schisti calcarei, bituminosi, abbondanti di solfuro di rame, i quali finalmente sono sostenuti da altri schisti calcarei grigi, sabbiosi, detti *weiss-liegenden*, che formano spesso un passaggio alla parte inferiore di questo terreno.

117. Rothe-todte-liegende, o arenaria rossa (*). — Questa formazione è dai minatori tedeschi denominata *rothe-todte-liegende* perchè è una roccia rossa, sta sotto agli schisti cupriferi, ed è in generale priva di minerali di rame. È una vera arenaria, che passa dalla tessitura granosa finissima alla puddinga più grossa; talora contiene ciottoli ben determinabili di granito, porfido, petroselce, quarzo, ecc.,

(*) È per i geologi inglesi la nuova *arenaria rossa inferiore*, mentre la nuova *arenaria rossa superiore* è una parte del terreno triassico, e l'antica *arenaria rossa* appartiene al terreno devonico.

cementati da una pasta rossastra argillo-ferruginosa. Qualche volta vi si trovano intercalati dei banchi calcarei, di combustibili e di ferro oligisto rosso.

Tale è la composizione di questo terreno nella località tipica della Turingia. La parte calcarea contiene molti fossili, l'inferiore quasi nessuno; talchè qualche geologo ritenne l'arenaria rossa per un vero *conglomerato di frizione*.

In Francia e Inghilterra la composizione ne è molto analoga. Consta superiormente di calcaree magnesiache e di dolomie, ed inferiormente è formato dall'arenaria rossa solita, che sembra collegata coll'eruzione dei porfidi, tanto in Inghilterra quanto in Germania, in Francia, ecc.

L'Italia si disse per lungo tempo priva di questo terreno; ma recenti osservazioni provano che devonsi ad esso riferire non solo le arenarie rosse ed altre rocce con esse collegate che s'incontrano nelle Alpi apuane, ma ben anche l'arenaria rosso-ferruginosa, ora a grossi ed ora a piccoli elementi, delle Alpi lombarde e venete, e la potente formazione, ora calcarea ed ora dolomica, che sta fra l'arenaria anzidetta e le rocce verdi e rosse triasiche (*). Dapprima i geologi, e specialmente Collegno, consideravano quest'arenaria rossa e la formazione calcarea sovrastante come se non fossero altro che una continuazione del terreno giurese, o tutt'al più una parte del terreno triasico; oggidi, come lo dimostreremo più avanti nella descrizione geologica dell'Italia, non v'ha più dubbio sulla loro età permiana.

Anche pel trias dovremmo ripetere quel che abbiám già detto a proposito della disposizione degli strati degli altri terreni nelle diverse parti d'Europa. Esso è quasi da per tutto ricco di grandi ammassi di gesso o di sal gemma, ed in Germania contiene, come abbiám detto, schisti abbon-danti in minerali di rame.

418. Terreno carbonifero. — Questo terreno ebbe tal nome dall'essere il solo che contenga in abbondanza il

(*) Per distinguere questa dolomia dalla giurese, che ne è separata col mezzo delle rocce triasiche, la chiameremo di frequente *dolomia inferiore*.

vero carbon fossile. Oggidi lo si ritiene diviso in due formazioni.

La formazione del *gres del carbon fossile* (*Grés houillier*) consiste appunto in alcune arenarie, che variano infinitamente per la grossezza dei frammenti onde si compongono; in alcuni schisti argillosi che accompagnano quasi sempre il carbon fossile; e finalmente in alcuni depositi, ora a nuclei ed ora a strati, di ferro carbonato, il quale, a vero dire, non forma parte del terreno come una roccia, ma riesce d'una grande importanza quando trovasi presso al carbon fossile, perchè allora il minerale e il combustibile si trovano già vicini e pronti per le operazioni degli alti forni a fine di avere il ferro metallico. Questa formazione vien detta dai Tedeschi: *kohlensandstein mit steinkohle und kohlenschiefer*. In essa trovansi assai numerose impronte di vegetabili appartenenti a famiglie che oggidì vivono soltanto nei paesi tropicali, come per esempio di felci arboree e di altre piante analoghe.

La *calcareia carbonifera* costituisce la seconda formazione, sotto le varie forme di calcarea compatta, dolomia, marmi a varii colori, calcischisti, ecc., e contiene gran copia di fossili, la maggior parte animali.

Il carbon fossile forma strati per lo più di poca potenza, intercalati a quelli di gres o di argilla; ognuno di questi strati è poi soggetto a grandi variazioni nella potenza, essendo assai rigonfi in un luogo, assottigliati in un altro, ecc.; bene spesso poi sono attraversati da numerosi spostamenti ed anche ripiegati a zig zag, in modo che uno stesso pozzo verticale di una miniera può attraversare parecchie volte un medesimo strato; quando in fine il terreno è accolto in un bacino, gli strati sono disposti a battello, ed hanno presso a poco la forma del bacino sul quale sono adagiati (*).

(*) In quanto all'origine del carbon fossile, mancandoci il tempo di discutere le varie opinioni dei geologi, fisici e chimici, che se ne occuparono, accenneremo quella che generalmente si ammette. Le impronte e gli avanzi carbonizzati dei vegetabili che si trovano abbondantissimi in questo

Questo terreno carbonifero trovasi in ogni parte del mondo, ma abbonda specialmente nel nord d'Europa, come in Inghilterra a Newcastle, a Whitehaven, a Glasgow, ecc.; nel Belgio e nella Francia settentrionale, ad Anzin, Fresne, Mons, Namur, Liegi, Litry in Normandia, Saint-Étienne nel Forez, Brassac in Alvernia, ecc.; in Germania, a Saarbruck nelle provincie renane, in Turingia, a Seefeld in Sassonia, nella Slesia, in Boemia, ecc.; in Russia, presso il mare d'Azof, ecc. Sul continente italiano si trovarono qua e là al di sotto dell'arenaria rossa permiana rocce con fossili dell'epoca carbonifera: nella Sardegna vi è un terreno antracitifero probabilmente di quest'epoca, ed in Corsica sembra che spetti ad esso o ad un terreno più antico un banco di antracite presso Osanni. In Lombardia, sotto all'arenaria rossa permiana, trovansi degli schisti neri, ora silicei ed ora talcosi, che il professor Balsamo crede poter riferire al terreno carbonifero.

Il terreno carbonifero è l'ultimo nel quale si trovino avanzi di cirripedi, d'insetti, di aracnidi, di foraminiferi, di pesci paleonischii, ecc. Contiene un gran numero di pesci placoidi e ganoidi, notevoli per esser coperti di grosse piastre ossee, ed una flora assai numerosa di specie e molto

terreno, la struttura cellulare che si scopre nel carbon fossile col mezzo del microscopio, la facilità colla quale le piante analoghe alle felci si alterano per l'umido e pel calore, l'esistenza nel carbon fossile di sostanze che i chimici ottengono coll'assoggettare ad un'elevata temperatura i vegetabili, le esperienze di Beudant, Gœpperi, ecc., che ottennero del carbon fossile esponendo ad un elevato calore e ad una forte pressione dei vegetabili ancora pieni di succo, e molti altri fatti sono prove abbastanza convincenti della giustezza di quest'opinione. Si crede quindi che in epoche antichissime vi sieno stati molti immensi stagni, nei quali siano andati accumulandosi strati di torba e strati di argille e sabbie trasportate dai fiumi che mettevano foca in quegli stagni; e che quegli strati di torba, assoggettati alla forte pressione degli strati che si depositavano sovr'essi, alla naturale putrefazione ed all'intenso calore prodotto dalle emersioni delle rocce piriche, si siano a poco a poco trasformati in carbon fossile. In tal caso i tronchi e i frammenti de' grossi vegetabili che si trovano in esso sembrano gli avanzi delle piante trasportate dai fiumi in quelle antichissime torbiere.

elegante. Erano felci arboree colle fronde finamente dentellate, alberi rivaleggianti in grandezza colle conifere, rivestiti di cortecce ornate di solchi, di rialzi e di righe formanti ogni sorta di disegni assai svariati: vegetazione copiosissima ed elegantissima, della quale non troviamo oggidi alcun esempio se non in alcuni luoghi umidi della zona torrida.

119. Terreno devoniano. — Copioso nell'Inghilterra, consta di una serie di strati di gres, puddinghe e conglomerati diversi, che, pel loro colore predominante, vennero detti in genere *arenarie rosse*, e dagli Inglesi *antiche arenarie rosse*, per distinguerli dalle *nuove*, che fan parte dei terreni peneano e triasico. Non è finora ben certo se esista in Italia, e neppure nell'Europa di mezzo.

120. Terreno siluriano. — Come il precedente ebbe il nome dal trovarsi abbondante nel Devonshire, così questo l'ebbe dall'essere bene sviluppato nell'antico regno dei Siluri in Inghilterra. Si divide generalmente in tre gruppi.

Il gruppo superiore si compone di schisti argillosi ed arenarie, dette *grovacche* dal nome tedesco *grauwacke*. Il gruppo medio è composto di rocce calcaree, di rado marnose o schistose. Il gruppo inferiore consta anch'esso di arenarie grigie o grovacche, schisti argillosi, arenarie e calcaree, ed è principalmente ricco di fossili, massime di ortoceratiti e di crostacei trilobiti (*).

In Italia non fu ancora trovato questo terreno sul continente, ma in Sardegna ed in Corsica è abbastanza bene sviluppato verso occidente; per il che taluni ritengono che questi depositi siano come gli ultimi lembi del terreno silurio della Spagna orientale.

(*) I *trilobiti* formano un ordine distinto caratterizzato dall'aver avuto le zampe carnose e convertite in branchie, come in alcuni generi viventi, il torace (che nei gamberi comuni è coperto da una corazza unica) composto di molti anelli distinti, ecc. Hanno in generale la forma ovale; il primo anello del corpo, che forma la testa, è per lo più semicircolare e terminato lateralmente in due punte allungate; ed ognuno degli altri anelli, che costituiscono il torace e l'addome, è diviso in tre parti, una centrale e due laterali, da due depressioni che corrono lungo tutto il dorso.

121. Terreno cambrico. — È abbondante in Inghilterra nel Cumberland, d'onde il suo nome; e consiste di arenarie, conglomerati e calcaree, che passano inferiormente a gres schistosi, i quali passano poi a gneiss e micaschisti. Si trova anche nelle Ardenne e nei monti Vogesi, ma in Italia non venne ancora trovato.

Insieme col terreno silurico, forma un gruppo che il d'Orbigny chiama *piano siluriano*. Questi due sono i più antichi terreni in cui s'incontrino fossili; contengono alcuni pesci, alcuni anellidi, un gran numero di crostacei trilobiti (che non si trovano in nessun altro terreno), e molti avanzi di vegetali, ma assai semplici. Non sembra però ammissibile che in allora la temperatura giungesse a 80 o 90 gradi; giacchè, per limitarci ad un solo fatto, in quei terreni troviamo alcuni molluschi i cui analoghi vivono oggidì nell'oceano e non possono in alcun modo sopportare quell'alta temperatura. Perciò il d'Orbigny inclina a credere che la temperatura delle acque in cui si formarono quei sedimenti non abbia mai oltrepassati i 30° o 40°.

Con questi ultimi terreni siamo giunti all'estremo limite inferiore dei sedimenti fossiliferi. Anche in essi troviamo avanzi d'animali acquatici respiranti col mezzo di branchie, e di animali terrestri respiranti con polmoni o con trachee: e siccome i fossili trovansi sparsi egualmente in ogni parte del mondo, se ne deduce che a quell'epoca tutta la superficie del globo aveva una temperatura uniforme ed eguale, o di poco superiore a quella delle zone torride attuali.

Finalmente anche in questi terreni trovansi tracce di oscillazioni del suolo e di grandi cataclismi, che sollevarono e sconvolsero gli strati, e divisero quest'epoca paleozoica in varii periodi successivi, caratterizzati da speciali faune e flore: cataclismi prodotti certamente dall'emersione di alcune rocce piriche, fra le quali si distinguono specialmente i graniti, le sieniti, i melafiri, le afaniti, le ofiti, alcune rocce amfiboliche, ecc., che oggidì trovansi formare filoni ed ammassi per entro le rocce dei terreni di cui parliamo.

Terreni azoici, o metamorfici, o primitivi.

122. Sotto agli ultimi terreni fossiliferi trovansi in ogni paese strati, spesso assai numerosi, di gneiss, micaschisti, steaschisti ed altre simili rocce, sollevati e contorti per l'emersione di molte rocce ignee, come a dire di graniti, sieniti, leptiniti, dioriti, amfiboliti, euriti, protogini, serpentinini, ecc. Siffatta serie di rocce, che non contengono fossili, sono sempre sottoposte alle sedimentarie, constano di silicati e di quarzo, e mineralogicamente appartengono al gruppo delle rocce cristalline, formano i terreni che dai diversi autori furono chiamati *azoici*, *cristallini*, *metamorfici*, *primitivi*, ecc., e chiudono inferiormente la serie dei terreni stratificati (*). Essi poi si appoggiano sopra graniti ed altre rocce simili, non istratificate, cristalline, ecc., che sembrano quasi formare il fondamento di tutta la serie di rocce che compongono la corteccia terrestre.

Non tutti però i gneiss e micachisti si trovano nei terreni ora descritti; ma molti alternati a calcaree o ad altre rocce sedimentarie, quasi sempre più o meno alterate. In questo caso i geologi li considerano come argille, sabbie ed altre rocce simili, alterate dal calore e dalle azioni chimiche delle rocce ignee.

Della distribuzione geografica di questi, come di tutti gli altri terreni, sì sedimentarii e sì emersorii, ci occuperemo dettagliatamente nella descrizione geologica dell'Italia.

(*) Si chiamano *azoici* perchè non contengono avanzi fossili di animali, *cristallini* e *metamorfici* perchè sono composti di rocce cristalline e metamorfiche, e *primitivi* perchè formano la base di tutta la serie dei terreni stratificati, e si può quasi dire che furono i primi a solidificarsi alla superficie del globo.

RISULTATI GENERALI SULLA SUCCESSIONE DEGLI ANIMALI
NELLA SERIE DEI TERRENI

123. Se noi potessimo qui discutere dettagliatamente le osservazioni sui fossili appartenenti a ciascun terreno, ne potremmo cavare alcune deduzioni generali assai interessanti sulla successione degli animali dalle epoche più antiche alle più moderne; ma, per la brevità propostaci, ci limiteremo a pochi cenni.

Nei terreni paleozoici troviamo già gli avanzi di tutte le classi d'animali vertebrati, anellati, molluschi e zoofiti (eccettuatine gli uccelli, i chelonii, i mammiferi ed i miriapodi), tanto di quelli che respirano nell'aria col mezzo di polmoni e di trachee, quanto degli altri che respirano nell'acqua col mezzo di branchie. Nei terreni triasici compaiono gli uccelli, i chelonii, ecc.; nei terreni giuresi e cretacei altri ordini d'animali, senza però che le loro faune siano assai diverse dalla triasica; nei terreni terziari infine compaiono anche i mammiferi, e nell'epoca attuale l'uomo.

Dal confronto delle diverse faune dei terreni si dedussero i seguenti risultati generali: 1.° Il numero degli ordini d'animali va crescendo dai terreni più antichi ai più moderni; 2.° salvo poche eccezioni, comparvero insieme tutte le classi d'animali e continuarono ad esistere sino ad ora, senza però assumere forme più composte e perfette quanto più si avvicinarono all'epoca attuale; 3.° già nella prima epoca v'erano gli stessi organi di respirazione che oggidì, ed i mezzi in cui vissero gli animali non andarono soggetti ad alcuna variazione che si possa credere causa dell'estinzione delle faune successive dei diversi terreni; 4.° in ogni epoca anteriore alla presente la temperatura della superficie della terra era uniforme, senza alcuna distinzione di linee isotermitiche, ed era sempre analoga a quella della zona torrida attuale; 5.° sopra circa 2800 generi conosciuti d'animali, poco più di 1300

non comprendono che specie viventi, e gli altri si conoscono allo stato fossile; 6.° fra questi 1500 generi fossili, 16 soli comprendono specie sparse in tutte le epoche, poco più di 900 non si trovano che fossili, e gli altri trovansi viventi e fossili, ma limitati a certi terreni speciali; 7.° le 24000 specie conosciute di fossili formano altrettante faune distinte quante sono le divisioni adottate dai geologi nella successione dei terreni sedimentarii, faune tutte differenti fra loro e che si succedettero regolarmente le une alle altre.

• Quando, dice il d'Orbigny, recandoci a studiare sul luogo due piani che si sono succeduti regolarmente, cerchiamo d'indagare il modo con cui le loro faune speciali sono distribuite, troviamo sempre, salvo poche eccezioni, che negli ultimi strati del piano inferiore s'arresta la fauna di quel piano, e vi è interamente annientata, giacchè i primi strati fossiliferi del piano che lo ricopre contengono bentosto degli esseri assai differenti dai primi e che costituiscono una fauna distinta da quella del piano inferiore. Da questi fatti, di cui tutti possono aver prova in qualunque luogo, risulta che ogni piano racchiude la sua fauna speciale, ben determinata, distinta dalle faune superiori e inferiori, e che queste faune non si sono succedute per mezzo di graduate e lenti variazioni di forma, ma per una vera estinzione avvenuta tutt'ad un tratto alle specie prima esistenti e per una successiva nuova creazione di specie ad ogni epoca geologica. »

Se è ancora un mistero il come siano avvenute queste numerose successive creazioni di nuovi esseri viventi, le ricerche dei geologi sono però giunte a trovare nei cataclismi che diedero origine alle montagne la soluzione dell'altro problema dell'estinzione delle faune alla fine di ogni epoca geologica.

PERTURBAZIONI GEOLOGICHE

E SISTEMI DI MONTAGNE

Generalità.

124. Perturbazioni geologiche. — Nella rapida rivista che abbiamo fatta dei terreni di sedimento, vedemmo molte volte esservi delle discordanze stratigrafiche fra i terreni d'epoche differenti, degli strati sconvolti, sollevati, raddrizzati, ed altri fatti che provano essere avvenuti molti cataclismi, che valsero a smuovere il suolo, rialzare e sconvolgere gli strati di sedimenti, cangiare forma ai continenti ed ai mari, ed arrestare la formazione de' sedimenti. Questi cataclismi, o queste perturbazioni geologiche, è facile già senz'altro supporre che siano in numero eguale a quello dei terreni e delle loro principali suddivisioni; ma a schiarire e moltiplicare le nostre cognizioni relativamente alle epoche in cui avvennero ed alla loro origine, concorrono mirabilmente altri fatti che ora verremo in breve esponendo.

125. Sistemi di montagne. — Le montagne che rendono disuguale la superficie del globo non vi sono disseminate irregolarmente, come sembra a prima vista. Infatti le catene di montagne sono o rettilinee o composte di tronchi rettilinei, ai quali daremo il nome di *tronchi montuosi*; e se si paragonano fra loro le diverse direzioni dei varii tronchi rettilinei delle catene montuose d'un paese, trovasi facilmente che si possono tutte raggruppare attorno ad un piccolo numero di direzioni principali. Così l'Appennino, studiato sopra una carta geografica abbastanza estesa ed esatta, vedesi dal meridiano di Genova fino alla sorgente del Tevere formato di varie catene parallele l'una all'altra, a mo' dei solchi d'uno stesso campo, dirette tutte all'incirca verso ovest 18° nord. All'ovest di Genova

la sua direzione media è verso nord 25° est, come nelle valli dello Stura, dell'alto Tanaro, della Bormida, ecc. La valle del Tevere, come le catene che la rinchiudono, la valle di Chiana, il monte Cetona, i monti di Campiglia, ecc., hanno una terza direzione parallela press' a poco al meridiano. In oltre la direzione dell'Appennino da Genova al Tevere attraversa la Francia parallelamente alla catena dei Pirenei, il Peloponneso parallelamente ai monti dell'Acaia, ecc. Tre direzioni principali veggonsi pure nelle Alpi italiane: l'una parallela all'Appennino ligure, dal Mediterraneo al Monte Bianco, l'altra dalla Savoia al Tirolo, la terza intorno al Monte Viso.

In tal modo confrontando fra loro le direzioni dei tronchi di catene montuose si giunse a trovare che una stessa direzione è spesso ripetuta in un gran numero di catene montuose e di accidenti topografici. Ogni gruppo di tronchi montuosi aventi la stessa direzione si chiamò dai geologi un *Sistema di montagne*.

Tutte le catene montuose e tutti gli accidenti topografici della superficie del globo si possono riferire a un certo numero di sistemi di montagne, il quale però, a motivo dell'imperfezione e della poca quantità delle osservazioni finora raccolte, è ancora indeterminato.

I geologi non si accontentarono di trovare le direzioni principali cui si riferiscono tutte quelle delle catene montuose; essi cercarono benanche d'indagare in qualche modo non solo la loro età relativa, ma ben anche le relazioni fra l'età e la direzione, e giunsero a risultati assai importanti.

Per ricercare l'età relativa d'una catena montuosa profittarono i geologi delle relazioni reciproche degli strati, e in generale si fondarono sul principio che, se in una catena montuosa trovansi rialzati gli strati d'una cert'epoca, e sovr'essi si appoggiano orizzontalmente quelli d'un'epoca posteriore, il sollevamento della catena montuosa formata da quegli strati dev'essere avvenuto dopo la formazione dei primi strati e prima di quella dei secondi: l'età relativa

di ogni catena montuosa si potrà quindi determinare con quella degli strati che la compongono.

Le catene montuose sono indubitabilmente prodotte dal sollevamento degli strati e quindi dalla rottura della corteccia terrestre lungo una linea che è quella stessa per cui corre la catena; in oltre la direzione media generale degli strati formanti un tronco d'una catena montuosa coincide sempre con quella del tronco stesso; perciò le espressioni: *direzione media d'un sistema di fratture, direzione media degli strati rialzati e direzione d'una catena montuosa* sono press' a poco sinonimi.

Non sempre però v'ha tanta regolarità nelle catene montuose; spesso avviene che in una stessa catena s'incontrino parecchi sistemi di direzioni, ed in allora si trovano tronchi montuosi e strati disposti secondo le varie direzioni dei sistemi incrociati, ed altri aventi direzioni intermedie, prodotte dall'incontrarsi di due diversi sistemi. In questi casi le ricerche di cui ora ci occupiamo divengono un po' più difficili, ma non sono impossibili.

Quando si tratta d'un piccolo tratto di paese che si possa considerare come piano o quasi piano, si possono confrontare le varie direzioni di cui ora parliamo, conducendo per un punto centrale altrettante rette parallele a quelle direzioni, e costruendo in tal modo una specie di *rosa delle direzioni*; ma quando si tratta di estese regioni, per esempio di tutta l'Europa, ciò non è più possibile, a motivo della forma sferica della terra. Ogni linea infatti che rappresenti sul globo una catena rettilinea di montagne è realmente un arco di cerchio massimo. Siccome due cerchi massimi s'intersecano in due punti diametralmente opposti e non possono quindi essere paralleli nel senso ordinario di questa parola, si convenne di considerare come paralleli fra loro due piccoli archi di cerchio massimo quando siano ambedue perpendicolari ad un terzo cerchio massimo il quale passi pei loro punti di mezzo. Nello stesso modo si considerano paralleli un numero qualunque di piccoli archi di cerchio massimo, i quali siano ad uno ad

uno paralleli ad un solo cerchio massimo, che si assume come rappresentante dell'intero sistema di archi. Così, per esempio, l'equatore potrebbe rappresentare un gran numero di archi sparsi per la zona fra i due tropici, qualora ognuno di questi archi sia perpendicolare al meridiano che passa pel proprio punto di mezzo.

Questo modo di paragonare fra loro gli archi di cerchio massimo rappresentanti i tronchi rettilinei delle catene montuose è d'assoluta necessità per la sfericità della terra, la quale rende anche piuttosto complicata l'operazione di confrontare le orientazioni delle catene montuose. Infatti se la terra fosse piana e i meridiani non convergessero tutti nei due poli, ma fossero fra loro paralleli, come si rappresentano sulle carte marine, affinchè due rette si potessero dir parallele basterebbe che ambedue fossero egualmente orientate sui loro rispettivi meridiani, cioè che ognuna, rispetto al proprio meridiano, fosse diretta verso lo stesso punto del cielo. Ma sul globo la cosa è differente. Due linee o meglio due piccoli archi di cerchio massimo, condotti per due punti perpendicolarmente all'arco di cerchio massimo che riunisce i loro punti di mezzo, sarebbero paralleli fra loro in tutto il rigore dell'espressione. Se in appresso si fanno ruotare questi piccoli archi di quantità eguali e nello stesso verso, essi conserverebbero ancora l'apparenza del parallelismo, ma non sarebbero più rigorosamente paralleli; e per renderli tali bisognerebbe far ruotare l'un d'essi sino a che divenga parallelo al prolungamento dell'altro, cioè sino a che faccia un angolo retto coll'arco di cerchio massimo perpendicolare all'altro arco prolungato. La quantità di cui si dovrebbe far ruotare quell'arco si calcola col mezzo della trigonometria sferica. Daremo un solo esempio della necessità del calcolo trigonometrico per confrontare fra loro le direzioni delle catene montuose esistenti in luoghi molto distanti fra loro. La orientazione media della catena delle Alpi occidentali, riferita al meridiano del Monte Bianco, essendo N 26° E, un arco di cerchio massimo condotto per Corinto e parallelo alla direzione anzi-

detta, è orientato, rispetto al meridiano di Corinto, verso N $38^{\circ} 23'$ E, ed un terzo arco passante per Sebastopoli ed anch'esso parallelo alla direzione pel Monte Bianco, è orientato verso N $48^{\circ} 48'$. Ed ecco come riesce sempre più difficile lo studio generale delle direzioni delle catene montuose quanto più diventa necessaria l'esattezza, a motivo del numero sempre crescente delle osservazioni e dei sistemi di montagne che si vanno mano mano scoprendo.

Mediante lunghi calcoli di questo genere Elia de Beaumont è giunto a raggruppare le direzioni delle catene montuose d'Europa in una ventina circa di direzioni principali ben determinate, come ora verremo brevemente esponendo.

*Serie delle perturbazioni e dei sistemi di montagne.**

126. Sistema della Vandea. — Il suolo della Vandea e della Bretagna in Francia presenta parecchi sistemi di montagne, spesso assai intralciati. Fra essi uno è diretto all'incirca verso NNO, e trovandosi soltanto negli strati azoici, sembra il più antico dei sistemi di montagne dell'Europa. Dell'istess'epoca sembra essere anche il sistema che in America si scorge in rialzi diretti ad E 38° N sopra un'estensione di circa 300 leghe, chiamato da taluno *sistema brasiliano*.

127. Sistema di Finisterre. — Il sistema della Vandea non ebbe alcuna influenza sui terreni sedimentarii, anche i più antichi; le diverse formazioni del terreno cambrico sono andate soggette a perturbazioni distinte, posteriori a quel sistema. La più antica tra queste si manifesta nei rialzi diretti ad E $21^{\circ} 45'$ N, nei micaschisti e gneiss intorno a Brest nella Bretagna, e in molti luoghi di Normandia, nei tronchi montuosi diretti a E 4° a 9° N nella Svezia, nel mezzo giorno della Finlandia, in quelli diretti ad E 11° a 13° O nei monti della Provenza e di Aiaccio in Corsica, e finalmente in altri tronchi di catene montuose della Spagna, dell'Algeria, ecc. La direzione media di questo si-

stema, riferita ad un circolo massimo passante per Brest, è di E 21° 45' N (*).

128. Sistema di Longmynd. — Le colline di Longmynd in Inghilterra presentano gli strati diretti verso N 25° E e formano il tipo del terzo sistema di montagne. Esso si trova anche nella direzione di molte masse eruttive di graniti e sieniti della Bretagna (N 21° E), in quella de' gneiss maccliferi di Saint-James nella Normandia (N 22° 30' E), nei graniti del Limosino in masse dirette a N 26° E, in varie dislocazioni dell'Erzgebirge in Sassonia intorno a Freyberg (N 33° 57' E), in altre della Moravia e della Boemia intorno a Zlabings, nell'interno della Svezia da Gotheborg a Gefle (N 38° E), nel nord-ovest e nel sud-est della Finlandia (N 42° 1/2 E e N 50° E), e nelle montagne fra Tolone e Antibio in Provenza (N 35° 45' E). Cercata la media fra queste direzioni e riferitala al Binger-Loch (gola per la quale passa il Reno, fra Magonza e Coblenza), de Beaumont la trovò orientata a N 31° 15' E.

129. Sistema di Morbihan ().** — Le coste sud-ovest della Vandea e della Bretagna, come parecchi altipiani in quelle contrade, presentano una direzione media particolare, che, riferita a Vannes, è orientata a O 38° 15' N, e la quale si ritrova anche in Sicilia presso Messina, nell'Erzgebirge, nell'Ucrania, ecc. Gli accidenti topografici così diretti formano un sistema distinto dai precedenti e ad essi posteriore, quantunque concorra con essi a formare gran parte delle ineguaglianze della Bretagna, della Normandia e di qualche altro tratto di paese.

130. Sistema del Wetsmoreland e dell'Hundsrück. — Tutti i sistemi precedenti non si riferiscono che a strati sollevati d'epoca anteriore alla silurica; questo invece corrisponde a montagne nella quali fu sollevato anche il terreno silurico. Nella contea di Westmoreland in Inghilterra (di cui

(*) Il nome di questo sistema venne da quello del dipartimento della Francia in cui trovasi Brest.

(**) Nome del dipartimento di Francia, di cui è capoluogo Vannes, nel quale fu meglio osservato questo sistema.

è capoluogo Appleby) gli strati silurici sono diretti a NE, un po' verso E, e paralleli a molte catene montuose del mezzodi della Scozia, delle isole di Man e di Anglesea, del paese di Galles e della Cornovaglia. La stessa direzione si incontra nelle montagne dell'Eifel, dell'Hunsrück e del ducato di Nassau in Germania, e in molte altre della Corsica, delle coste della Provenza, del centro della Francia, della Boemia, della Sardegna, della Linguadoca presso Carcassona, della Scandinavia, della Finlandia, della Lapponia, ecc. Tutte queste montagne furono perciò considerate come formanti un sistema distinto, la cui orientazione, riferita al meridiano della gola del Binger-Loch, è ad E 31° 30' N (*). Di quest'epoca sembra anche un sistema di montagne dirette da est ad ovest nel Brasile e detto *sistema itacolumiano*.

131. Sistema dei monti Vogesi. — Questo sistema corrisponde all'intervallo fra il terreno devonico e il terreno carbonifero. I monti Vogesi, che fiancheggiano il Reno, hanno in generale la forma d'un T capovolto (L), giacchè la catena principale, parallela al Reno, è pressochè perpendicolare ad un ammasso di montagne che la termina verso il sud, dirigendosi press'a poco verso O 15° N. La parte meridionale della Selva Nera comprende molti tronchi aventi la stessa orientazione; ed altri se ne trovano nella Bretagna, nella Normandia (Bocage nel dipartimento del Calvados), nel Devonshire in Inghilterra, nel mezzogiorno dell'Irlanda, nel Westmoreland, nell'Hartz, nella Polonia (Sandomirz), nella Russia (da Voroneje al Golfo di Riga), ecc. Questo sistema si può riferire ad un circolo massimo orientato in Alsazia a O 16° N, oppure ad un altro circolo massimo

(*) Fu confondendo insieme le direzioni del sistema di *Finisterre* con quelle del sistema di cui ora parliamo che i geologi ammisero che questo sistema fosse diretto ad E 35° N; ma trasportando al Binger-Loch la direzione del sistema di *Finisterre* riferita a Brest, essa trovasi differire di circa 20° da quella del sistema dell'Hunsrück, e di circa 47° da quella del sistema di Longmynd; e perciò questi tre sistemi sono perfettamente distinti avuto riguardo alle loro direzioni.

orientato pel Monte Broken, nell'Hartz, ad O 18° 45' 20" N. Al principio dell'epoca carbonifera la superficie dell'Europa era già resa ineguale da molte catene montuose, specialmente nella sua parte settentrionale e centrale.

132. Sistema del Forez. — Nelle montagne dell' antica contea del Forez, in Francia, fra la Loira e l'Alliere, al sud di Roano, si trovano tracce d'un sistema diretto a N 15° O, nelle dislocazioni degli strati antracitiferi; altre tracce s'incontrano intorno a Limoges, in Inghilterra, nella Scandinavia, nei monti Urali, ecc.; e tutte vengono riunite a formare il *sistema di Forez*, che sembra dividere per metà l'epoca carbonifera.

133. Sistema del nord d'Inghilterra. — Tutti o quasi tutti gli accidenti stratigrafici del terreno carbonifero del nord d'Europa sembrano dovuti all'azione d'una perturbazione che concorse in gran parte a dare la forma attuale alle Isole Britanniche. Infatti il suolo dell'Inghilterra sembra attraversato, all'incirca da nord a sud, da un asse montuoso, formato quasi totalmente dagli strati carboniferi rialzati e sconvolti, diretti, in media, verso N 5° O. Questa direzione, trasportata in Francia, riesce parallela a molte dislocazioni dei bacini carboniferi di quel paese, come è parallela a qualche catena montuosa dell'impero del Marocco, del nord della Russia, ecc., e si prese come la direzione di un sistema distinto, che si disse *del nord d'Inghilterra*, ed al quale sembra doversi considerare contemporaneo un altro sistema, bene sviluppato nell'America meridionale e diretto a O 25° a 30° N, che si distinse col nome di *chitiano*.

134. Sistema dei Paesi Bassi. — Altre dislocazioni negli strati carboniferi e in quelli più antichi del terreno permiano avvennero secondo un sistema di direzioni diverso dal precedente. Così, conducendo pel paese di Mansfeld (distretto di Merseburg nella Prussia sassone), e più precisamente per la città di Rotherburg, un circolo massimo perpendicolare al meridiano di quella città, esso riesce press'a poco parallelo alla direzione degli strati carboniferi del Belgio

presso a Mons (E 6° 6' N), a quella di molti strati paleozoici del paese di Galles (circa E 13° 0' N) e di altri luoghi d'Inghilterra e d'Irlanda, della Bretagna in Francia, e degli strati carboniferi di Donetz nel mezzodì della Russia (E 21° N). A quel circolo massimo per Rotherburg sostituirne uno per Mons, diretto verso E 5° N, si ha un circolo che riesce più esattamente parallelo alle altre direzioni succitate, e quindi merita la preferenza sul primo come rappresentante del sistema di montagne dei Paesi Bassi.

135. Sistema del Reno. — Le montagne Vogesi, dell'Hartz, della Selva Nera e dell'Odenwald formano due gruppi in certo qual modo simmetrici, che terminano, verso la valle del Reno, in due lunghe costiere, parallele fra loro ed al corso generale del fiume da Basilea sino a Magonza, e così disposte da non sembrare improbabile che una volta quelle due catene montuose abbiano formato una sola lunga ed estesa elevazione di terreno, e che la valle del Reno si sia in appresso prodotta per lo sprofondamento d'una porzione di quell'alto piano. La direzione generale delle costiere e della vallata del Reno è verso N 21° E, ed è parallela a varie dislocazioni dei terreni carboniferi della Francia centrale, dell'Inghilterra, fra la Norvegia settentrionale e la Svezia, ecc., e fu presa come la media e principale direzione del sistema a cui appartengono i citati tronchi montuosi, e che si chiamò *sistema del Reno*.

136. Sistema del Thüringerwald, del Böhmerwald-Gebirge e del Morvan. — Gli strati giuresi, disposti orizzontalmente, ricoprono gli strati del terreno permiano rialzati nelle catene montuose di questo sistema; e siccome là dove non avvenne alcuna dislocazione gli ultimi strati permiani fanno un passaggio ai primi giuresi, è facile dedurre che la natura e la distribuzione dei sedimenti hanno cangiato in quell'epoca geologica, senza per altro che fosse interrotta la continuità della loro formazione, e che quindi il fenomeno che sollevò gli strati permiani fu istantaneo o almeno di assai poca durata. La catena del Thüringerwald (presso Erfurt) e la parte del Böhmerwald-Gebirge compresa fra

la Baviera e la Boemia contengono le tracce più chiare di questo sistema, in quei monti diretto verso O 40° N. Altre tracce, ma poche, s'incontrano fuori della Germania; cioè in Francia, nella Lorena, nei monti Vogesi, a Morvan (presso Autun in Borgogna), nella Grecia (Negroponte, Attica e Arcipelago), ecc. Di quest'epoca sembra pure una dislocazione che rialzò le Ande d'America dal 5° al 20° grado di latitudine sud, diretta verso O 50° N.

137. Sistema del Monte Pilato, della Costa d'Oro e dell'Erzgebirge. — Durante l'epoca giurese si manifestarono parecchie oscillazioni del suolo che smossero soltanto il fondo del mare; ma alla fine di quell'epoca avvenne una forte perturbazione che diede origine ad un nuovo sistema di montagne. L'Erzgebirge in Sassonia, la Costa d'Oro, il Monte Pilato e le Cevenne in Francia fanno parte di questo sistema montuoso, diretto press'a poco verso NE (E 40° N), del quale trovansi altre tracce in molte altre parti d'Europa, ma di minore importanza.

138. Sistema del Monte Viso e del Pindo. — Fra il terreno neocomiano inferiore e il medio colloca il d'Orbigny un sistema montuoso (*sistema colombiano*), che è ben sviluppato nella Nuova Granata, diretto a N 33° E; e fra il terreno neocomiano medio e il superiore ne colloca un altro, che rialzò la parte meridionale delle Ande d'America, diretto a N 30° O; ma in Europa non v'hanno tracce di altri sistemi, dopo quello del Monte Pilato sino a quello del Monte Viso, che è appunto assai sviluppato nelle Alpi presso questo monte.

Le Alpi e l'estremità sud-ovest del Giura presentano una serie di creste e di strati diretti press'a poco verso il NNO; la piramide di rocce cristalline del Monte Viso è attraversata da enormi spostamenti aventi la stessa direzione; e in tutto questo tratto vedonsi sollevati insieme gli strati giuresi e quelli del terreno cretaceo inferiore, dal che si deduce che il cataclisma che sollevò questi strati e produsse quegli spostamenti dev'esser avvenuto a metà dell'epoca cretacea. Analoga direzione e analoga struttura

stratigrafica hanno i monti della catena del Pindo, in Macedonia ed Albania, e vengono quindi considerati anch'essi come appartenenti al *sistema del Monte Viso*.

139. Sistema dei Pirenei. — La fine del terreno cretaceo sembra coincidere colla produzione di molte estese ed alte catene montuose, parallele alla direzione generale dei Pirenei (*). La direzione che domina nei Pirenei differisce di molto da quella delle altre montagne di Francia e di Spagna; infatti essi constano della riunione di parecchi tronchi paralleli fra loro, diretti ad O 18° N, ed aventi quindi una direzione obliqua alla linea che riunisce i due estremi della catena totale. La stessa direzione si ritrova in molte parti montuose della Provenza, poi nelle Alpi marittime al colle di Tenda, in molte parti degli Appennini, in molti tronchi delle Alpi della Svizzera e della Savoia, nelle Alpi Giulie, nelle montagne della Croazia, della Dalmazia, della Bosnia, della Grecia e infin nel Caucaso. Il sistema, che si considera formato da tutti i tronchi montuosi aventi la citata direzione, è rappresentato da un circolo massimo passante pei monti della Maledetta, nei Pirenei, e diretto a O 18° N; la qual direzione, trasportata a Corinto, diventa O 32° N, ovvero N 58° O, e riesce quasi identica a quella dei monti della Grecia compresi da alcuni geologi in un sistema speciale, detto *sistema acheo*.

140. Sistema della Corsica e della Sardegna. — All'intervallo fra il terreno eocene e il miocene corrisponde il sistema di montagne cui appartengono le catene montuose, dirette da nord a sud, che diedero la forma alle isole di Corsica e di Sardegna, e che s'incontrano ripetute benanco lungo il Rodano da Lione alla sua foce, in qualche tratto del Giura, della Savoia, delle Alpi fra il Monte Bianco e il Monte Viso, degli Appennini, della Grecia, nelle coste della Siria, nella valle del Giordano, nella catena del Libano, nella vallata del Volga, ecc.

(*) Il d'Orbigny però colloca fra il terreno cretaceo e l'eocene il rialzarsi delle cordigliere del Chili, dirette a N 5° E, sopra 50° di lunghezza, e fra l'eocene inferiore e il superiore il sistema dei Pirenei.

141. Sistema dell'isola di Wight, di Tatra e dell'Emo. —

I sedimenti miocenici inferiori furono smossi da due dislocazioni appartenenti a due sistemi diversi. Del più antico trovansi tracce nella direzione delle coste meridionali dell'Inghilterra, nell'isola di Wight, nella catena del Tatra (al sud dei Carpazii nel nord dell'Ungheria, diretta in generale ad O 4° 50' N), in quella del Rilo-dagh, nel monte Kogravo (O 7° N), ecc., nella catena dell'Emo (Balkan) in Turchia, in molti monti della Grecia (ove furono riunite a formare un gruppo distinto, denominato *sistema argolico*), nell'isola di Candia, in certe isole della Dalmazia, nell'isola d'Elba, nelle Alpi tedesche (dal Brenner in Tirol a Gratz), in qualche parte del Vallese e di altre vallate svizzere e tirolesi, nel limite settentrionale delle steppe dei Kirghisi, ecc. Il circolo massimo rappresentante questo sistema si fe' passare per il monte Lomnica, orientato a O 4° 50' N.

142. Sistema dell'Erimanto e del Sancerrois. — Il sistema dell'Erimanto fu fondato in parte su poche dislocazioni del suolo della Grecia, la cui direzione, riferita a Corinto, è verso E 20° a 22° N, ed in parte sulla direzione E 26° N degli strati che formano il suolo dei dintorni di Sancerre (città della Francia a 10 leghe al NE di Bourges).

143. Sistema del Vercors. — Oltre ai due sistemi precedenti, ve n'ha un terzo, d'epoca non molto certa, ma anteriore anch'esso al grande sistema delle Alpi occidentali. Domina nel dipartimento della Drôme, di cui fa parte il tratto di paese detto anticamente *Vercors*, sembra che si riscontri anche nel Giura e in qualche altro luogo, ed è diretto press'a poco verso N 7° a 8° E.

144. Sistema delle Alpi occidentali. — Generalmente si vogliono considerare le Alpi come una catena unica e continua; ma invece vi si osservano tracce di quasi ogni sistema, e specialmente di quelli dei Pirenei, del Monte Viso, di Corsica, di Tatra, di Vercors e di due altri sistemi, che s'incontrano sotto un angolo di 45° o 50° e si distinguono dai precedenti sì per la loro età come per le loro direzioni; e dove s'intersecano questi due sistemi, le Alpi

s'innalzano a maggiori altezze e presentano una sterminata ampiezza, formando quasi una massa piramidale centrale (Monte Bianco), circondata da un corteggio di altissimi e scoscesi monti.

Nelle Alpi occidentali la direzione media delle creste, delle valli e degli strati, è in generale verso NNE, e più esattamente verso N 26° E. Questa direzione si trova anche nei grandi laghi lombardi, nelle valli dell'Eysack e dell'Adige, nelle Alpi apuane, nella catena montuosa che dal Capo Tre Forche s'addentra nell'impero di Marocco, nello stretto dei Dardanelli, nei monti della Crimea, in quelli dell'Asia minore e infine nell'estrema Scandinavia. Siccome la linea che unisce la piccola isola di Riou nel Mediterraneo (davanti all'angolo saliente formato dalla costa di Francia fra Marsiglia e Cassis), con un'eruzione vulcanica ad Hohentwiel, al nord-ovest di Costanza, attraversa le Alpi occidentali, è parallela alla loro direzione generale e serve di limite occidentale alla regione delle emersioni serpentine, così il circolo massimo di cui fa parte fu preso a rappresentare il sistema di cui ora si tratta (*).

145. Sistema delle Alpi principali o dell'Asse Vulcanico del Mediterraneo. — Le creste principali delle Alpi dalla Savoia all'Austria, altre che si diramano da una parte fin nell'Alvergnia in Francia e dall'altra fin nell'Ungheria, e molte altre ancora in Ispagna, nell'Italia centrale (Napoletano), lungo la costa settentrionale della Sicilia, nel Monte Atlante in Africa, nel Balkan in Turchia, nel Caucaso centrale, nell'Ararat e in altri monti lì vicini, nell'Imalaia, ecc., hanno tutte una stessa direzione media (E 11° 15' N riferita a Trento, e che diviene E 14° 18' 20" N quando si trasporti al Monte Bianco, E 16° N quando si trasporti in Provenza), e vennero perciò comprese in un solo sistema, che si chiamò *delle Alpi principali*. Per prendere un punto più centrale fra le Alpi e l'Atlante in Africa, se ne scelse uno collocato a 12 leghe circa al nord dell'isola di

(*) Questa linea è quasi esattamente parallela a quella che passa per Marsiglia e Zurigo.

Minorca, e il circolo massimo, passante per quel punto e destinato a rappresentare questo sistema, si trovò orientato a circa E 16° 25' N. Siccome però un circolo massimo passante per il picco di Teneriffa e per l'Etna sarebbe parallelo al precedente e nello stesso tempo passerebbe per le isole vulcaniche dell'arcipelago greco e per qualche regione vulcanica dell'Asia, così si potrebbe assumere questo circolo massimo a rappresentare il sistema delle Alpi principali, cangiando questo nome in quello di *Asse vulcanico del Mediterraneo*. Ma ciò non può farsi quando si considera che i vulcani del Mediterraneo non sembrano avere la stessa età delle Alpi principali, e sorsero assai probabilmente lungo le spaccature e le dislocazioni già prodotte all'epoca del sollevamento delle Alpi, approfittando della minore resistenza che deve aver avuta la corteccia terrestre in quei luoghi, in confronto degli altri ove le rocce non furono sconnesse da antichi sconvolgimenti.

146. Sistema del Ténaro, dell'Etna e del Vesuvio. —

Molti spostamenti e altri accidenti stratigrafici nella Laconia e nel prolungamento del Taigete sino al Capo Tenaro, punta meridionale della Morea, diretti a N 4° o 5° O, sono il tipo di questo sistema, il quale del resto si ritrova anche in altri luoghi d'Europa. Così la linea che passa pel Vesuvio, per le isole Lipari e per l'Etna, attraversa questo monte secondo il suo maggior diametro e giunge da una parte al Capo Passaro e dall'altra passa vicino alla Majella, una delle cime più elevate degli Abruzzi, rasenta la costa dell'Istria, giunge in Boemia presso Eger, ove trovasi un piccolo cono di scorie vulcaniche chiamate Kammer-Bühl, ed è parallela alla vallata del Tevere e alla zona dei laghi di Toscana, sembra doversi riferire a questo sistema; ed il cerchio massimo di cui quella linea fa parte, che incontra anche i vulcani dell'America russa e il Capo di Buona Speranza, ed all'Etna è orientato a circa N 8° 20' O, sembra potersi ritenere come rappresentante del sistema del Ténaro, dell'Etna e del Vesuvio. Un arco parallelo a questo passa pei vulcani estinti dell'Alvergnia; un altro per la sor-

gente termale di Bath in Inghilterra, presso la grotta di Staffa, e per la regione vulcanica dell'Islanda. Infine i circoli massimi condotti dall'Etna a passare pel monte Sant'Elia, vulcano dell'America russa, pel vulcano di Monna-Roa (in una delle isole Sandwich), per l'isola vulcanica di Natale nel Grande Oceano, e pel Monte Erebo (vulcano scoperto da James Rose nei ghiacci del polo australe), formano un fascio assai ristretto, del quale il circolo massimo Etna-Monna-Roa occupa il mezzo: ora, siccome quest'ultimo si allontana assai poco dal circolo massimo Etna-Vesuvio, può assumersi anch'esso a rappresentare il sistema del Tenaro.

I sistemi che abbiamo finora descritti si riferiscono quasi tutti ad osservazioni fatte in Europa; nelle altre regioni del globo, che non furono per anco con sufficiente cura perlustrate, se ne troveranno certamente molti altri che concorrono a formarvi le catene montuose insieme con quelli tra i nostri sistemi che si estendono al di là dei confini d'Europa. In Algeria, per esempio, in India e in America si poterono riscontrare tracce de'sistemi dei Pirenei, delle Alpi occidentali e principali, ecc., e nello stesso tempo si scoprirono anche varii nuovi sistemi, quali sono quelli descritti dal d'Orbigny e già da noi citati. Ma fra tutti merita menzione il *sistema delle Ande*, che è rappresentato da un circolo massimo, perpendicolare tanto a quello del sistema delle Alpi principali quanto a quello del Tenaro, e che passa per le Ande del Perù a Popayan (ov'è orientato a N 38°, 13' O) e per molti altri punti importanti, quali sono il golfo di Panama, il lago di Nicaragua, la penisola d'Yucatan, il golfo del Messico, il Nuovo Messico, l'Alta California, l'isola di Vancouver, le isole Aleuziane, il Giappone, le isole vulcaniche Liou-Tchou, lo stretto fra l'isola Formosa e quella di Luçon e il mare della China. Le osservazioni geologiche sembrano provare che i tre sistemi *delle Alpi principali, del Tenaro e delle Ande* avvennero in epoche successive differenti, essendo quello delle Alpi il più antico e quello delle Ande il più moderno. È possibile però

che i vulcani attivi dei primi due sistemi non siano sorti insieme colle catene montuose con cui sono allineati, e che invece sieno sorti in epoche posteriori, e fors'anche tutti insieme, all'epoca dell'ultimo sollevamento delle Ande, facendosi strada per le spaccature e le dislocazioni predisposte nella corteccia terrestre dai cataclismi anteriori.

Dei ventun sistemi di montagne finora trovati in Europa esponiamo nella seguente tabella l'ordine cronologico, cominciando dal più antico, e le direzioni rispettive, modificate come se tutti i circoli massimi rappresentanti dei sistemi passassero per il Binger-Loch, fra Magonza e Coblenza.

1. Vandea	N. 44° 32'	O. fra i terreni azoici e i cambri.
2. Finisterre . . .	E. 42 24 N. }	durante l'epoca cambrica.
3. Longmynd . . .	N. 31 45 E. }	
4. Morbihan . . .	N. 43 58 O. }	fra il terreno cambrico e il silurico.
5. Hunsrück . . .	E. 31 30 N. }	— — silurico e il devonico.
6. Monti Vogesi . .	O. 46 35 N. }	— — devonico e il carbonifero.
7. Forez	N. 41 50 O. }	— — carbonifero infer. e il super.
8. Nord d'Inghilterra.	N. 2 30 E. }	— — carbonifero o il permiano.
9. Paesi Bassi . . .	E. 2 0 N. }	— — permiano e il triasico.
10. Reno	N. 21 4 E. }	
11. Thüringenwald .	O. 36 47 N. }	— — triasico e il giurese.
12. Costa d'Oro . .	E. 57 55 N. }	— — giurese e il cretaceo.
13. Vercors	N. 9 48 E. }	d'epoca incerta.
14. Monte Viso . . .	N. 21 51 O. }	fra il terreno cretaceo infer. e il sup.
15. Pirenei	O. 23 3 N. }	— — cretaceo superiore e l'eocenico.
16. Corsica	N. 4 41 O. }	— — eocenico e il miocenico infer.
17. Tatra	E. 4 34 N. }	— — miocenico inferiore e il super.
18. Sancerrois . . .	E. 22 48 N. }	
19. Alpi occidentali .	N. 28 49 E. }	— — miocenico e il pliocenico.
20. Alpi principali .	E. 15 6 N. }	— — pliocenico e quello di trasporto.
21. Tenaro	N. 45 46 O. }	— — di trasporto e l'epoca attuale.

*Disposizione generale dei sistemi di montagne
alla superficie della terra.*

147. Relazioni fra i sistemi di montagne. — Osservando le direzioni dei differenti sistemi e, meglio, esaminando le direzioni dei sistemi di montagne rappresentate da altrettante rette condotte per un sol punto sopra un foglio di carta, si vede a prima vista che quelle direzioni non sono disposte affatto irregolarmente.

Alcuni sistemi infatti sono fra loro perpendicolari a due a due, cioè quelli della *Vandea* e del *Finisterre*, quelli del *Nord d'Inghilterra* e dei *Paesi Bassi*, quelli del *Monte Viso* e delle *Alpi principali*, e quelli dei *Pirenei* e delle *Alpi occidentali*, ecc.

Altri sistemi dividono per metà l'angolo formato dai due precedenti; così il *Longmynd* sta fra la *Vandea* e il *Finisterre*, l'*Hundsruck* fra la *Vandea* e il *Morbihan*, i *Vogesi* fra il *Finisterre* e il *Morbihan*, il *Nord d'Inghilterra* fra il *Finisterre* e quello dei *Vogesi*.

Altri ancora dividono quegli angoli nel rapporto di uno a due, come il *Morbihan* relativamente al *Finisterre* e al *Longmynd*, e i *Paesi Bassi* relativamente al *Finisterre* e ai *Vogesi*. Altri li dividono nel rapporto di 2 a 3, ecc.

Infine si può osservare che alcuni sistemi assunsero quasi le direzioni di altri già esistenti, in modo da confondersi con essi, qualora per distinguerli non vi fossero i caratteri desunti dall'età; così hanno direzioni fra loro analoghe: il sistema della *Corsica* e quello del *Nord d'Inghilterra*, quelli del *Longmynd*, delle *Alpi occidentali* e del *Reno*, quelli d'*Hundsruck* e della *Costa d'Oro*, quelli delle *Alpi principali* e del *Finisterre*, quelli dei *Pirenei* e dei *Vogesi*, quelli del *Thuringenwald* e del *Morbihan*, quelli di *Forez*, del *Tenaro*, del *Monte Viso* e della *Vandea*.

148. Rete pentagonale di E. de Beaumont. — Queste ed altre simili singolari relazioni che de Beaumont ha tro-

vate fra i diversi sistemi di montagne lo condussero a lunghe e laboriose ricerche per trovare un sistema regolare di circoli massimi, i quali fossero distribuiti sul globo in modo analogo a quello dei circoli massimi rappresentanti dei sistemi di montagne.

Immaginati quindici circoli massimi così disposti, che dividessero la superficie del globo in dodici pentagoni regolari, ed immaginate altri ancora che fossero intersezioni della superficie terrestre con altrettanti piani paralleli alle facce d'un ottaedro, d'un dodecaedro romboidale e di altri solidi geometrici collocati al centro della terra, e disposti tutti in un modo particolare, trovò che essi formavano una rete regolare sulla superficie del globo, e che molti di essi avevano fra loro le stesse relazioni che i circoli massimi dei sistemi di montagne. Questa rete la chiamò *rete pentagonale*, e gli servì per molti studii di confronto fra i suoi circoli massimi e quelli dei sistemi di montagne, destinandola a dimostrare una regolare distribuzione degli accidenti topografici e geografici della superficie terrestre, e ad indagare in qualche modo l'origine delle montagne e le cause delle diverse direzioni delle loro catene.

Collocato uno dei dodici pentagoni della rete pentagonale sull'Europa, in modo che tre dei circoli massimi della rete coincidessero coi circoli massimi dei sistemi delle *Alpi principali*, del *Tenaro* e delle *Ande*, il centro del pentagono riesci presso Erfurt, verso Remda: luogo ove la rete formata dai circoli massimi dei sistemi era più fitta. I suoi cinque angoli riescirono: presso la punta occidentale della Nuova Zembla il primo, in Persia presso Meschhed il secondo, nel Soudan in Africa presso il lago Tsad il terzo, al S O delle isole Canarie il quarto, ed allo stretto di Davis il quinto. Tra i circoli massimi che formano ed attraversano questo pentagono, e che sono disposti simmetricamente e secondo regole geometriche simili a quelle della cristallografia, se ne trovarono parecchi che non solo coincidono perfettamente in direzione coi circoli massimi dei sistemi di montagne,

ma passano ben anche per luoghi singolari per la loro posizione geografica o per altre loro proprietà topografiche o geologiche.

Dieci dei circoli massimi principali della rete pentagonale e passanti per Remda, ossia pel centro del pentagono, coincidono affatto o quasi esattamente con altrettanti circoli massimi rappresentanti i sistemi di montagne. Così uno di essi, passante per l'Etna, può rappresentare il *sistema del Tenaro*; un altro, che rasenta le coste orientali del Mar Rosso, può rappresentare il *sistema del Thüringewald*; il terzo, che attraversa la Nuova Zembla secondo il suo asse maggiore, il *sistema del Reno*; il quarto, che rasenta le coste degli Stati Uniti d'America, il *sistema dei Monti Vogesi*; il quinto, che passa per le Azzorre e per la Guiana (ove trovansi rocce cristalline analoghe a quelle della Bretagna), il *sistema di Finisterre*; il sesto, che va a rasentare le regioni carbonifere dei Paesi Bassi e di Donetz in Russia, e una catena di scogli che si stende nell'Atlantico sino alle Azzorre, il *sistema dei Paesi Bassi*; il settimo, che sembra l'asse mediano dell'Europa, che partendo dall'Asia si avvanza fra il Mediterraneo e il Grande Oceano e passa per le Canarie, il *sistema della Costa d'Oro*; l'ottavo, che passa per l'isola Majorica e giunge in Africa alle montagne fra il Senegal e il Niger, il *sistema delle Alpi occidentali*; il nono, che attraversa la zona metallifera toscana e segue le coste orientali della Barberia, è parallelo al circolo massimo del *sistema della Corsica*; e finalmente il decimo, che è pochissimo inclinato sul precedente e passa per lo Spitzberg (composto di rocce analoghe a quello dell'Inghilterra), rappresenta il *sistema del Nord d'Inghilterra*. Altri quattro circoli principali della rete passano per Remda, e quantunque non rappresentino alcun sistema, sono egualmente interessanti perchè passano per luoghi importanti per la loro posizione geografica od altre particolarità: così l'uno si dirige lungo la Mesopotamia e il Golfo Persico, un altro segue la costa d'Africa sino allo sbocco della Gambia, ecc.

Per gli altri sistemi di montagne bisognò scegliere fra i circoli della stessa rete che non passano per il centro del pentagono. Fra questi, il *sistema del Monte Viso* ebbe a rappresentare un circolo della rete che passa per la Sardegna, il Monte Viso, il lago di Ginevra, va lungo le coste dell'Inghilterra e attraversa l'Islanda e la Groenlandia. Il *sistema dei Pirenei* è rappresentato da un circolo della rete passante per l'Etna, che scorre parallelo ai Pirenei, interseca nell'Atlantico nella regione degli scogli il circolo del sistema dei Paesi Bassi, e si dirige dall'altra parte al Monte Sinai, parallelamente alla Mesopotamia. Finalmente il circolo massimo del *sistema delle Alpi principali*, o dell'*Asse vulcanico del Mediterraneo*, coincide con un circolo della rete passante per il picco di Teneriffa, l'Etna, l'Arcipelago greco, l'Ararat, ecc., e serve mirabilmente a rappresentare la zona vulcanica del Mediterraneo.

I circoli della rete pentagonale infine hanno, come s'è già detto, anche la particolarità che molte tra le montagne più alte, le isole, gli arcipelaghi, gli stretti, gli altipiani ed altri luoghi singolari sotto qualche aspetto stratigrafico o topografico, si trovano al punto d'incontro di quei circoli.

Chechè ne sia delle relazioni fra i circoli massimi dei sistemi di montagne e quelli della rete pentagonale, e delle considerazioni per le quali la simmetria pentagonale sul globo può paragonarsi alla simmetria esagonale colla quale si fendono in prismi i basalti e le lave col lento raffreddamento, egli è certo che i sistemi di montagne sono disposti con ordine alla superficie della terra. Abbiamo già veduto infatti che si possono in generale raggruppare intorno a poche direzioni principali, rappresentate da appositi circoli massimi; ora possiamo aggiungere che le varie linee montuose appartenenti a ciascun sistema si trovano per lo più radunate entro una zona, che i geometri chiamano *fuso sferico*, compresa fra due circoli massimi disposti simmetricamente ai lati del circolo massimo rappresentante il sistema. Così, per esempio, le catene montuose del *sistema*

delle Alpi principali sparse nell'Europa media e meridionale, nell'Africa settentrionale e nel centro dell'Asia, sono comprese in una zona larga venti o al più quaranta gradi ed estesa in lunghezza dall'Oceano Atlantico sino all'Oceano Pacifico. Questa distribuzione dei tronchi montuosi in zone lunghe e strette, racchiuse fra due circoli massimi che si incontrano alle due estremità d'uno stesso diametro del globo, è di molta importanza per le ricerche teoriche sulla origine delle montagne, come avremo occasione di vedere allorchè tratteremo della parte teorica della Geologia (*).

GEOLOGIA GEOGRAFICA

ITALIA

149. Dopo aver studiati i fenomeni che attualmente alterano la superficie del globo, e la disposizione delle rocce che la compongono, abbiamo passati brevemente in rivista i terreni che i geologi distinguono nella corteccia terrestre, studiando mano mano la composizione mineralogica, i caratteri paleontologici e l'estensione geografica di ciascuno partitamente; ed infine ci siamo occupati delle perturbazioni che distinsero i terreni l'uno dall'altro, e li sconvolsero e sollevarono a formare una rete di catene montuose assai più regolare di quel che sembra a primo aspetto. A compiere lo studio della corteccia terrestre nel suo stato attuale ci resta soltanto da esaminare la distribuzione geografica dei terreni, considerandoli tutti nel loro insieme: ed è questo l'argomento che ora passiamo a trattare brevemente, cominciando dall'Italia nostra, che supporremo di esaminare quasi come un viaggiatore che, partendo

(*) Notizie assai più particolareggiate sui sistemi di montagne, sulle loro correlazioni e sulla loro origine si ponno vedere nell'opera di Elia de Beaumont intitolata *Notice sur les systemes de montagnes*, Paris, 1852, dalla quale furono tolti questi brevi cenni.

dalle Alpi, ne percorra le regioni più interessanti e meglio conosciute (*).

150. Tirolo meridionale. — La porzione più nota del Tirolo meridionale è quella che comprende le valli dell'Eisack, dell'Adige al sud di Bolzano, dell'Avisio (Lavis) e parte di quella del Brenta, perchè più frequentemente visitata e descritta dai geologi (**). Le rocce sedimentarie vi sono rialzate, sconvolte e metamorfosate da tre rocce emersorie distinte, cioè dal porfido quarzifero, dal melafiro e dal granito. Il porfido quarzifero è il più abbondante; occupa la parte meridionale della valle dell'Eisack, quella dell'Adige da Bolzano a Lavis, e di quella dell'Avisio la parte compresa fra questo fiume e i monti che la separano dalla valle del Brenta. Un rialzo ellittico di granito forma il centro del Monte Cima d'Asta (fra la valle dell'Avisio e quella del Brenta) sostenendo a mo' di mantello tutt'all'intorno gli strati rialzati di micaschisto, e in eguali circostanze trovasi anche nella valle dell'Eisack. Il porfido nero o melafiro forma varie piccole emersioni qua e là sparse nelle valli, e specialmente nella valle di Fassa (che è la porzione più elevata della valle dell'Avisio), e nei monti fra le valli dell'Eisack, dell'Avisio e del Gredner (che sbocca nell'Eisack presso Brunecken).

Sopra i micaschisti o sopra le rocce emersorie laddove mancano i micaschisti trovansi talora delle rocce metamorfiche in cui non s'incontrarono fossili, ma che forse rappresentano le formazioni che a Tarvis nell'Illiria, a Grätz ed altrove contengono fossili dell'epoca carbonifera o silurica. Ma il più delle volte la roccia sedimentaria più antica in questa parte del Tirolo è un'arenaria rossa, la quale varia di struttura passando da quella dell'arenaria più fina a

(*) Adottai l'ordine geografico tanto perchè mi sembra il più adatto a guidare il giovinetto ne' suoi primi studii di geologia stratigrafica, quanto perchè in tal modo mi fu possibile riunire in un sol corpo le interessanti osservazioni fatte in questi ultimi anni in alcune valli lombarde, e renderne così più evidenti i risultati generali.

(**) Marzari, De-Buch, Fournet, Münster, Klipstein, Studer, De-Filippi, Cornalia, Murchison, ecc.

quella d'un conglomerato a grossi elementi, e sostiene le rocce, che, dietro i loro abbondantissimi fossili, si ritengono certamente come triasiche, e vengono poi ricoperte dalle dolomie giuresi. Così, per esempio, ascendendo da Klausen (sulle rive dell'Eisack) nella valle del Gredner, incontransi, appoggiati sul porfido quarzifero, gli strati d'arenaria rossa, e sovr'essi alcune rocce calcaree con posidonie (*), alle quali sovrastano poi le masse di dolomia biancheggiante componenti le cime dei monti che circondano le valli in cui hanno origine il Gredner e il Gader. Ed è presso quest'ultimo torrente (che sbocca nell'Eisack presso Brunecken) che s'incontra il villaggio di San Cassiano, sulle carte geografiche indicato per lo più col nome di Armentarolla, celebre per le settecento e più specie diverse di fossili che furono riscontrate negli strati argillosi e marnosi che si trovano lì vicino, sottoposti alla dolomia giurese. Fra queste specie sono abbondantissime le *Cidaritis dorsata*, *Cid. alata*, *Cid. Romeri*, *Encrinus liliiformis*, *Encrinus varians* (**).

La stessa successione di rocce, ma in senso inverso, cioè le dolomie giuresi dapprima, sulle vette più elevate, poi la calcarea conchiglifera con posidonie, e poi l'arenaria rossa appoggiata sul melafiro, s'incontra valicando i monti fra valle di Badia (Abteithal), in cui sta San Cassiano, e la valle di Fassa, e discendendo per questa valle verso Predazzo, il quale sta in mezzo d'un piccolo spazio occupato da una emersione granitica.

La stessa serie di rocce si vede ancora scendendo da San Cassiano lungo il Gaden sino a San Lorenzo presso Brunecken. La qual ultima strada è la più comoda per chi vuol salire al villaggio di San Cassiano, che, notissimo

(*) Le *posidonie* (gen. *Posidomya* o *Posidonomya*) sono conchiglie ostracee analoghe alle avicole, ma senza ali ed orecchie, e più o meno arrotondate.

(**) Le *cidariti* sono echinodermi analoghi agli echini o ricci di mare, ed aventi, fra i caratteri distintivi, quello dei pungiglioni, che non sono più in forma di bacchetta, ma ovali, in modo da simulare piccoli frutti di olivo o di limone pietrificati.

com'è tra i naturalisti, mantiene invece pochissima o nessuna comunicazione colle vallate circonvicine, sì che riesce difficile trovare in queste una guida che una volta in sua vita vi si sia recata ed annuisca volentieri di condurvi il viaggiatore.

151. Veneto (*). — Se dalle valli del Tirolo meridionale si discende, per quella del Brenta o per la strada da Roveredo a Schio od a Recoaro, nelle vallate del Vicentino e del Veronese, e di là sin alla pianura, s'incontra una lunga serie di rocce, che rappresentano tutti o quasi tutti i terreni sedimentarii, dal triassico sin al più recente. Il monte Spitz, collocato immediatamente al sud del villaggio di Recoaro, vedesi formato alla base da steaschisti e micaschisti attraversati da dicchi di trappo, sui quali si appoggiano, in ordine ascendente, degli strati orizzontali di arenaria rossa con tracce di carbon fossile (forse rappresentante quella del terreno permiano), di calcarea sabbiosa (*zechstein?*), di marne rosse e verdi con fossili del trias (*buntersandstein?*), di calcaree di varia struttura e con fossili caratteristici del *muschelkalk* (*Encrinus liliiformis*, *Terebratula vulgaris*, ecc.), e d'arenaria rappresentante il *keuper*; i quali tutti sono poi coronati da un ammasso di dolomia d'epoca certamente giurese. La stessa serie di rocce s'osserva anche nelle gole e valli vicine. È specialmente questa località che serve di tipo del trias del veneto, che fa seguito a quello di San Cassiano nel Tirolo meridionale e del Salisburghese.

Ma volendo avere un'idea generale della successione dei terreni del Veneto giova osservare il suolo delle valli dell'Astico e del Brenta sino agli alti monti che separano i Sette comuni dal Tirolo. Difatti ascendendo per la valle dell'Astico all'altipiano dei Sette Comuni, i monti di questo vedonsi formati da strati quasi orizzontali giuresi, i quali si appoggiano sulla calcarea conchigliifera (formante in Tirolo una zona lungo il Brenta nella Val Sugana, ed alle falde

(*) Descritto nelle memorie di Brongniart, Catullo, Pasini, Da Rio, De Zigno, Massalungo, Murchison, ecc.

del Monte Cima d'Asta da Ospedaletto sin quasi alla valle dell'Avisio sul confine del Bellunese), e si approfondano invece verso mezzodi sotto gli strati cretacei e terziarii. Queste rocce giuresi sono formate in basso da dolomia, a metà altezza da calcaree, marne, lumachelle, ecc., con fossili, e superiormente da una calcarea rossa con ammoniti assai abbondanti e indubbiamente dell'epoca giurese. Lo spazio denominato dei Sette Comuni è interamente formato di rocce giuresi.

Discendendo a Gallio, nella valle del Brenta, incontrasi la serie delle rocce cretacee e terziarie sovrapposte alla calcarea rossa ammonitifera, cioè: il *biancone*, che è una calcarea biancastra con fossili del periodo neocomiano; la *scaglia*, che è un gruppo di calcaree grigie, rosse e biancastre con catilli ed altri fossili cretacei; ed infine molte marne, arenarie e sabbie, spesso assai colorite in verde e ricche di nummuliti. Discendendo ancora, vedonsi gli stessi strati rialzati da un lungo ammasso di dolomia giurese che forma per lungo tratto il suolo del Canale di Brenta. A Campese ricompaiono ancora gli strati cretacei sovrapposti alla dolomia giurese, e sovr'essi gli strati nummulitici, e poi altri ancora di arenarie, marne, gomitoli, ecc., dell'epoca miocenica sino a Bassano, ed infine alcune marne azzurrognole con fossili pliocenici che si nascondono ben presto sotto ai depositi recenti che costituiscono la pianura.

La stessa successione di rocce vedesi scendendo da Possagno ad Asolo, giacchè a Possagno si osservano le rocce cretacee approfondarsi sotto alle nummulitiche; a queste vedonsi a Castelfucchio sovrapposte le mioceniche, ed a quest'ultime ad Asolo le plioceniche, che infine si nascondono sotto i depositi della pianura. Presso Val d'Agnò le rocce eoceniche contengono depositi di carbone, come anche al Monte Bolca ed a Monteviale presso Vicenza.

Nel paese tra Vicenza, Schio e Verona vedonsi le stesse rocce cretacee e terziarie che altrove, ma talmente sconvolte dalle rocce emersorie (porfiri, trachiti, basalti, serpentini),

che riesce impossibile chiarir bene la loro sovrapposizione, e ciò specialmente presso Roncà, Montecchio maggiore ed altri luoghi celebri per l'abbondanza dei fossili che vi si rinvengono. Anzi a Sant'Orso, presso Schio, l'azione delle rocce emersorie fu tale che gli strati furono tutti capovolti, sì che la dolomia giuresè si sovrappone alle rocce cretacee, queste stan sopra alle terziarie, e le rocce più moderne sembrano essere le più antiche, essendo inferiori a tutte le altre. Finalmente, a rendere ancora più interessante questo tratto di paese concorrono i depositi del Monte Bolca, tanto famosi per la quantità di pesci che vi s'incontrano: il qual monte, sì dietro lo studio dei pesci come pel trovarsi le rocce con ittioliti (*) collegate con altre ricche di nummuliti, viene considerato come appartenente all'epoca terziaria.

La struttura geologica del restante del Veneto, cioè delle provincie di Belluno e di Udine, non è molto complicata. Diffatti nelle parti più elevate delle valli del Cordevole, del Piave e del Tagliamento vedonsi grandi dirupi di gneiss e micaschisti, attraversati, rialzati e sconvolti spesso da filoni di leucolite o afanite verde, e ricoperti dagli strati d'arenaria rossa che fan seguito a quelli del Vicentino, e che contengono qualche fossile vegetale dell'epoca permiana. Sopra quest'arenaria si appoggiano immediatamente alcuni strati calcarei e marnosi che formano una zona che attraversa la valle d'Agordo, quella d'Ampezzo, sollevandosi sin al di là del confine germanico, quella del Piave sopra Pieve di Cadore fin ad Aronzo, e le valli più settentrionali del Friuli. Questi strati calcarei contengono fossili caratteristici del *muschelkalk*, e quindi fan seguito a quelli già descritti del Tirolo e del Vicentino; per conseguenza mancano nel Bellunese e nel Friuli i rappresentanti dello *zechstein* e dell'arenaria peciliana (*buntersandstein*), che trovansi bene sviluppati nel Vicentino fra l'arenaria rossa permiana e la calcarea conchigliifera.

(*) Questo nome deriva da due parole greche che significano *pesci-pietra*, e serve ad indicare in genere tutti i pesci fossili.

Sopra la calcarea conchigliifera trovasi quasi sempre la roccia ora arenacea e rossa (Vicentino e Feltrino), or marnosa e verde (Cadorino), ora schistosa e oscura (Agordino), che contiene, specialmente sopra Lozzo ed a Pieve di Zoldo, alcune avicule e posidonomie caratteristiche del *keuper*. È la varietà verde di questa roccia che fu confusa colla leersolite verde in filoni, sotto il nome di *pietra verde*, in modo che da alcuni geologi si sostenne a lungo che la pietra verde era una roccia emersoria e da altri ch'era sedimentaria.

Agli strati del *keuper*, o calcarea conchigliifera quando manca il *keuper*, se ne appoggiano altri assai numerosi e potenti di dolomie e calcarie d'aspetto assai vario, con fossili giuresi, e ricoperti da altri di rocce calcaree rosse e bianche d'epoca assai contrastata. Infatti gli uni vogliono che tutte quelle calcaree rosse e bianche (*calcarea ammonitica rossa* e *biancone*), intimamente fra loro connesse, contengano più fossili cretacei che giuresi, e debbano quindi ritenersi dell'epoca cretacea; altri invece separano le prime dalle seconde, mettendo le rosse nel terreno giurese, le seconde nel terreno neocomiano, o cretaceo inferiore. In siffatta quistione ne piace stare all'opinione del professor Balsamo, e crediamo quindi che nel Veneto sia avvenuto lo stesso che in Lombardia: che cioè siansi confuse insieme rocce di epoca diversa seguendo il fallace carattere del loro colore. Difatti in Lombardia alcuni considerarono per molto tempo come giuresi tutte le calcaree marnose rosse e bianche, che oggidì furono distinte in due gruppi, l'uno veramente giurese (*calcarea rossa ammonitica* e *marmo majolica*), l'altro cretaceo (*calcaree marnose con cattili*, ecc.). Lo stesso crediamo sia avvenuto nel Veneto, cioè che vi esistano realmente una *calcarea rossa ammonitica* giurese ricoperta da una calcarea bianca senza nome speciale, ed un'altra calcarea rossa con ammoniti cretacee accompagnata da una seconda calcarea bianca, con fossili cretacei e distinta comunemente col nome di *biancone*.

Finalmente nelle colline e nei monti al sud di Belluno, fra la pianura veneta e le più elevate montagne del Friuli, i terreni finora descritti sono ricoperti da una serie di strati marnosi rossi e bianchi, distinti in generale col nome di *scaglia*, e di altri strati arenacei e d'altra natura, d'epoca certamente cretacea e terziaria.

La parte inferiore delle rocce giuresi e la calcarea conchigliifera dei monti del Feltrino alla destra del Piave, dell'A-gordino, del Cadorino, intorno ad Auronzo, erano dapprima credute dal professore Catullo dell'epoca permiana e rappresentanti dello *zeckstein* o *calcare alpino*; e la roccia verde o rossa, che vedesi fra la calcarea conchigliifera e le calcaree giuresi al Monte Serva presso Belluno, alle falde dei monti alla sinistra del Piave sino a Cesana, ed attraversa colà il fiume per ascendere sopra Feltre, era in allora ritenuta rappresentante del trias inferiore, mentre ora è probabilmente da reputarsi dell'epoca del *keuper*.

152. Valli breselane. — Passata la valle dell'Adige, ci troviamo nelle Alpi lombarde, esplorate e descritte in questi ultimi tempi specialmente da Curioni, Balsamo, De-Filippi e dai fratelli Villa. Della parte occidentale di esse, che meglio conosciamo perchè l'abbiamo percorsa quasi tutta, tenteremo dimostrare la struttura, anche coll' aiuto della carta geologica e degli spaccati annessi a questo libro, quasi per offrire un esempio della successione dei terreni nelle Alpi lombarde. In quanto alle valli Sabbia, Trompia, Cavallina, Camonica e di Scalve, ci limiteremo a pochi cenni, tratti specialmente dagli scritti finora pubblicati da Ginlio Curioni, che fu forse il solo ad esaminarle in dettaglio.

Dopo le colline di marne subappennine di Castenedolo, di gomfolite ed arenarie terziarie e cretacee di Sarnico e Predore, d'arenarie e conglomerati cretacei di Adro, s'innalzano subito i monti, composti dapprima di calcaree bianche e rosse, poi di calcaree oscure e dolomie dell'epoca giurese e triasica, e formano una zona che comprende la Val Sabbia e la Val Trompia sin quasi alle loro origini, la Val Cavallina sin a Pisogne con un lembo sino a Cem-

mo (poco al nord di Breno), e la Val di Scalve sin a Schilpario. In queste calcaree è possibile distinguere di due epoche principali. Diffatti, mentre la maggior parte contiene alcuni fossili giuresi, gli strati inferiori, nella parte più elevata di Val di Scalve a Schilpario, in Val Trompia a Collio presso Bovegno, in Val Sabbia a Bagolino presso il confine tirolese, ed in qualche altro luogo, contengono dei fossili ben noti come caratteristici del trias, e specialmente quelli denominati: *Posidonomya minuta*, *Encrinus moniliformis*, *Trigonia vulgaris*, *Halobia Lomellii* od *Avicula pectiniformis*, *Goniatites Ottonis*, *Equisetites columnaria*, *Terebratula cassidea*, ecc., (*), e molti altri, che sembrano specie non per anco descritte.

Sotto queste calcaree seguono degli schisti argillosi, ed a questi un'arenaria rossa colla stratificazione di rado distinta e che spesso si cangia in un conglomerato a grossi elementi. Quest'arenaria rossa forma i monti sopra Bagolino, fra Pisogne e Darfo in Val Camonica, fra questa valle e il Tirolo, sopra Capo di Ponte (al nord di Breno) e di là fin sopra Schilpario, da dove passa in Val Seriana sopra Gromo. Il restante della Val Camonica è occupato da gneiss e micaschisti, da emersioni granitiche (intorno a Edolo ed al Monte Tonale) e da una zona serpentinoso, che da Tirano e Bormio in Valtellina si dirige al Monte Corno dei Tre Signori. Oltre a queste rocce emersorie, un'altra ve n'ha nelle valli ora descritte, ed è un filone di porfido pirossenico con felspato roseo e qualche cristallo d'amfibola, che attraversa il fiume Mella presso Bovegno.

Alle dolomie sono collegati varii ammassi di gesso a Lovere, Volpino e Pisogne presso il lago d'Iseo, ed a Lavone e Savalle nel Bresciano; fra i quali quello di Volpino, che è di gesso anidro-silicifero, fornisce un vero alabastro, azzurrino venato, che riceve un bel pulimento, ed è noto sotto il nome di *bardiglio* o di *volpinite*. Finalmente le dolomie contengono spesso dei solfuri di zinco e di piom-

(*) Curioni, *Nota di alcune osservazioni sulla distribuzione dei massi erratici*, ecc., letta nel gennaio del 1851 all'Istituto Lombardo.

bo, come a Provaglio in Val Sabbia; mentre i gneiss e i micaschisti, e più ancora gli schisti argillosi, sono ricchi di carbonato di ferro, talvolta manganesifero, che alimenta i forni fusorii di Schilpario e Dezzo in Val di Scalve, e quelli sopra Breno e presso Pisogne in Val Camonica, intorno a Bovegno in Val Trompia ed a Bagolino in Val Sabbia.

153. Val Brembana e Val Seriana (*). — Dalle precedenti notizie vedesi che nelle valli lombarde orientali esiste il trias, rappresentato dalla calcarea conchigliifera o *muschelkalk*; ma per quanto sappiamo, questo terreno non si presenta in alcuna parte di Lombardia così ben caratterizzato e completo come nelle valli Seriana, Brembana e Sàssina. Delle prime due diremo subito, e della terza faremo parola in appresso, descrivendo i dintorni del lago di Como.

Lasciate alle spalle le colline terziarie di Bergamo, e passata la pianura sino ad Alzano maggiore ed a Nese, osservasi qua e là nel letto del Serio l'argilla cenerognola, già descritta da Curioni, contenente poche e piccole conchi-

(*) Nel settembre 1850, accompagnando, con varii altri giovani, il professor Balsamo-Crivelli nella sua gita di quindici giorni in Val Brembana, fui onorato dell'incarico di osservare le relazioni stratigrafiche delle rocce a fine di poter costruire la carta geologica o gli spaccati di quella contrada, mentre egli si riservava lo studio speciale delle rocce e dei fossili. Lo stesso onorevole incarico ebbi nella gita di sei giorni che nell'autunno successivo femmo nella Valle Seriana. Di tali gite il professore si proponeva di render conto con apposita Memoria; ma fin ora ciò non fu possibile, a motivo di altre sue occupazioni e del tempo necessario al completo studio dei fossili. Non potendo io acconciarmi all'idea di differire la pubblicazione degli importanti risultati generali dedotti dalle osservazioni fatte in quelle due gite sino a che fosse pubblicata la promessa Memoria, chiesi od ottenni dal professor Balsamo la permissione d'inserire in questo libro non solo quelli sulla Valle Brembana, già esposti nel *Sunto litografato* delle sue lezioni, ma anche quelli tuttora inediti sulla Valle Seriana, e la carta geologica e gli spaccati delle due valli. È a sperarsi che questi risultati, fondati sinora soltanto sulle osservazioni stratigrafiche e litologiche, e sulla conoscenza di pochi e non abbastanza ben determinati fossili, verranno comprovati dallo studio particolareggiato dei fossili raccolti, intorno ai quali sta lavorando il detto professore, e che per la maggior parte sembrano specie nuove.

glie, qualche scarsa traccia di lignite, e che appartiene al terreno pliocenico. Si appoggia sulle calcaree marnose, or cenerine or bianche, che per la loro analogia con quelli della Brianza si possono considerare cretacee, ed è ricoperta quasi dovunque da un conglomerato grossolano assai duro, chiamato *crespone* nel dialetto del paese. Ascendendo i monti sopra Nese, si osservano gli strati calcarei, cenerini e rossi, appoggiarsi ad altri, anch'essi calcarei, per lo più assai bituminosi, e che non sono altro che le rocce bianche, rosse e grigie giuresi alterate.

Le calcaree cretacee si vedono proseguire nella valle del Serio al di là di Nembro sin ad un poggio del monte Misma, collocato poco sopra il villaggio di Badia, dove contengono ammoniti, crioceri, belemniti e terebratule, che al professor Balsamo sembrarono dell'epoca neocomiana: la loro stratificazione irregolare sembra indicare un'emersione di qualche roccia ignea nell'interno di quel monte.

A Vallalta compaiono le calcaree e le dolomie giuresi, che sopra Cene sono attraversate da filoni-strati di porfido grigio con macchiette bianche, assai alterato alla superficie. Esse proseguono sin al ponte di Fiorano, dove vedonsi rialzate e attraversate da altri filoni di porfido grigio-verdastro ora simile al precedente, ed ora con lunghi cristalli d'amfibola verde. All'entrata della valle di Gandino, nel letto del fiume Romna, altre emersioni di porfido amfibolico s'innalzano fra le calcaree, che formano tutti i monti all'ingiro della valle; il cui fondo poi è occupato dagli strati quasi orizzontali d'argille azzurrigne e di lignite, sui quali sta il paese di Lefte, che in gran parte vive della escavazione di quel combustibile. Queste argille contengono gran copia di fossili, specialmente conchiglie d'acqua dolce; e gli strati di lignite contengono avanzi di cervi, rinoceronti, castori, tartarughe, frutti, foglie, ecc.

Le calcaree dolomizzate giuresi, che il geologo, camminando lungo il Serio, vede sempre formare i monti alla destra del fiume da Nese sino alla valle di Gorno, le incontra poi allo sbocco di quella valle, cioè al Ponte di

Nozze, e le vede collegarsi con quelle dei monti che stanno al mezzodì di Clusone. Ascendendo la stessa valle di Gorno, detta anche del Riso, si trovano sempre le rocce giuresi formare anche i monti alla sinistra del fiume sin presso Gorno. Al principio della strada che conduce a questo paese v'ha una valletta in cui vedonsi grandi frane e dossi di calcaree scure, ora schistose ed ora compatte con fossili assai abbondanti, fra i quali distinguesi a prima vista la *Trigonia Wathelyæ*. Quivi trovammo un bell'esemplare d'un vegetale che sembra la *Woltzia* caratteristica del trias; e Curioni vi trovò anche la *Trigonia vulgaris*, l'*Arca triasina* di Römer, la *Nucula lineata* e il *Plagiostoma lineatum* (*). Osservando con attenzione le rocce lungo la strada, prima d'arrivare a questa valletta, scopronsi in una frana pochi strati verdognoli e marnosi, che evidentemente sono sovrapposti agli strati fossiliferi. Siccome poi al Passo della Gambacoccia (fra questa vallata e il villaggio di Oltre il colle in Val Brembana) il signor Escher de la Linth osservò gli stessi strati verdi, inferiori alla dolomia del monte Alben, sovrapporsi agli strati fossiliferi, così è fuor di dubbio che gli strati verdi rappresentano il *keuper*, ed i fossiliferi il *muschelkalk*.

Abbondanti depositi diluviali ricoprono qua e là le calcaree intorno a Clusone e formano la pianura sulla quale questo paese è costruito. Andando poi di là verso settentrione; si vedono le dolomie sino a Piario; in una frana sopra questo paese s'incontrano alcune tracce di marne verdi identiche a quelle di Gorno; fra Piario ed Oltresenda Alta una serie di strati calcarei con abbondanti fossili eguali a quelli di Gorno; e da quest'ultimo paese sin quasi a Gromo tutti i monti, ad ambo i lati della valle, constano di marmi venati, dolomie, ecc., i quali, essendo inferiori al *muschelkalk*, devono rappresentare lo *zechstein*, mentre il fondo della valle è occupato da depositi alluvionali, che si elevano talora sin a 40 e più metri sul livello del fiume attuale. Prima di Gromo trovansi le arenarie rosse inferiori alle dolomie

(*) Memoria sui massi erratici già citata.

e rappresentanti per conseguenza la parte inferiore del terreno *permiano*, e vedonsi rialzate da un'emersione serpentinoso, che si continua sin nel paese stesso di Gromo. Al di là ricompaiono le arenarie rosse, sino a Fiumenero, dove cominciano alcuni schisti neri analoghi a quelli che vedremo abbondare in Val Brembana, che il professor Balsamo considera come rappresentanti del terreno carbonifero, ed ai quali fan seguito i gneiss e micaschisti.

Tale è la struttura geologica della Val Seriana, semplice ma assai importante perchè serve a spiegare quella delle valli vicine. La Valle Brembana, perchè composta di parecchie valli secondarie, riesce un po' complicata a studiarsi; ma anche la sua struttura può facilmente comprendersi, purchè si esamini bene la stratificazione delle rocce.

Le colline terziarie di Pontida e di Bergamo servono quasi d'introduzione alla serie dei terreni della Valle Brembana. Da Palazzago ad Almenno vedesi una serie di strati calcarei marnosi cretacei sollevati verso nord, che s'incontrano anche nel letto del Brembo in faccia ad Almenno, dove vedonsi sovrapposti ad altri di marmo maiolica, contorti e spostati in un bel spaccato naturale rivolto verso il fiume (fig. 57). Strati marnosi rossi con ammoniti cretacee formano il suolo della valle del Giunco, al di là del Brembo e fanno continuazione a quelli sopra Nese in Val Seriana.

Procedendo da Almenno a Zogno ed a San Pellegrino, e visitando le valli laterali Imagna, Brambilla e Serina, trovansi i monti Albenza, Rosegone, Pizzo Regina, Cornetta, Araralta, Venturosa, Gioco, Alben, Poieto, ecc., formati di calcaree, quasi sempre mutate in dolomie, e che colle loro aguglie e creste frastagliate e nude danno un aspetto assai pittoresco a tutte quelle valli. Queste dolomie contengono talora fossili determinabili, come il *Cardium triquetrum*, varii pettini e molti polipai in Val Imagna; ma il più delle volte questi non si possono separare dalla roccia, la quale ha l'aspetto d'una lumachella saccaroide, come presso Serina. Al Monte Linsone, che termina sopra

Almenno la catena del Resegone e dell'Albenza, le calcaree più elevate conservano ancora la loro naturale appa-

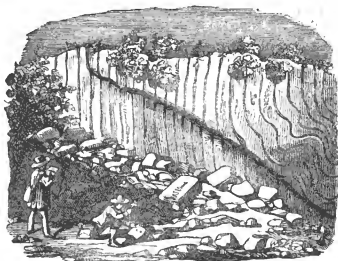


Fig. 57. — Spaccato naturale presso Carat'i, frazione d'Almenno, al principio della Val Brembana.

renza, e sono rosse, con selci rosse e quindi eguali a quelle con ammoniti giuresi d'Erba e d'Induno: la colma poi fra Zogno e Nese consta di una calcarea quasi cristallina e biancastra, con cristalli cubici di pirite, e che sembra un'alterazione del marmo maiolica, che vedemmo sottoposto agli strati cretacei ad Almenno.

Queste calcaree e dolomie formano la parte superiore dei monti; sotto di esse si osservano altri strati assai diversi e facilmente riconoscibili anche da lungi perchè sono formati di schisti marno-carboniosi, assai friabili e talora divisibili in lamine romboidali. Essi formano la parte inferiore dei fianchi dei monti: in Val Imagna da Strozza a Sant'Omobono e Rotafuori, e da Locatello sin quasi a Clenezzo; in Val Brambilla da Ponte a Gerosa; in faccia a Zogno, a Possante ed Endemna; in Val Serina dal suo sbocco sin quasi al villaggio di questo nome; in Val Taleggio sotto Chiese, a Salzano, Vedesetta, Peghera e sin quasi a Morte-

rone; e lungo il Brembo ricompaiono per poco presso a San Pellegrino. Contengono spesso dei fossili assai numerosi, come a Sant'Omobono, a Brambilla, a Gerosa, a San Pellegrino, fra Olda e Vedesetta, ecc.; e pel loro aspetto sono assai simili a quelli di Guggiate presso Bellaggio sul lago di Como, nei quali si trovarono fossili liasici.

Sotto a questi schisti infine, nel centro della Val Imagna

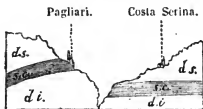


Fig. 58. — Spaccato trasversale della Val Serina.

e in quello della Val Serina sotto Pagliaro, compare un'altra dolomia, la quale, in Val Serina specialmente, vedesi indubitatamente inferiore agli schisti, come lo dimostra lo spaccato rappresentato dalla figura 58 (*).

Salendo da Serina ad Oltre il Colle in Val Parina, si trovano presso Valpiana ancora gli schisti marno-carboniosi, ma di molto minor potenza che nel fondo della valle, rialzati verso settentrione, e sovrapposti a pochi strati di marne verdi e di calcaree gialle, le quali poi si appoggiano sopra altre calcaree grigie e dolomitiche che discendono da Oltre il Colle nella Val Parina e si rialzano dalla parte opposta a formare il monte Arera. Queste marne verdi e calcaree gialle sono evidentemente il seguito di quelle ritrovate presso Gorno in Val Seriana, e sono quindi triasiche cioè rappresentano il *keuper*. Le calcaree dunque che vedonsi metamorfosate in dolomia nell'Arera, e che fanno seguito senza dubbio alla dolomia sotto Pagliaro nel fondo della Valle Serina, essendo inferiori alle marne verdi triasiche e mancando quivi il *muschelkalk*, rappresentano la parte calcarea del terreno permiano, cioè lo *zeckstein*.

(*) Per veder bene questa sovrapposizione è utile percorrere nell'andata da Ambria a Serina la strada per Pagliaro sulla destra del fiume, e nel ritorno quella per Cornalba e Bagnello, lungo la riva sinistra. Nella figura le lettere *d. i.* significano *dolomia inferiore o permiana*; *s. c.* *schisti carboniosi*; *d. s.* *dolomia superiore o giurese*.

Ritornando a San Pellegrino e camminando lungo il Brembo verso tramontana, vedonsi le calcaree e le dolomie giufresi, e poi anche gli schisti marno-carboniosi rialzati verso il nord e sovrapposti ad una nuova serie di strati, che continuano da San Rocco a San Giovanni Bianco, e sono formati di marne verdi e rosse, eguali a quelle di Val Piana e di Gorno, ed in cui non si trovarono fossili. Da San Giovanni Bianco salendo a Dossena, vedonsi collegati con queste marne variegiate alcuni banchi calcarei, di colore oscuro, che contengono molte conchiglie fossili non peranco determinate, talora si abbondanti da ricoprire gli strati a mo' d'un selciato. Poco dopo Dossena, verso mezzodi, sopra San Gallo, v'ha un grande ammasso di gesso, simile a quello di Nobiallo sul lago di Como, fra le marne verdi e la dolomia superiore, e che è in rispondenza d'un altro simile ammasso che sta sull'altra riva del fiume, sopra Fuipiano. Altro simile gesso ci fu indicato esistere presso Salzana in Val Taleggio.

A settentrione di San Giovanni Bianco continuano le marne variegiate sino alla vicina chiesa di Sant'Anna, intorno alla quale vedonsi gli strati che fanno continuazione a quelli di Dossena e cogli stessi fossili (*). Di là in avanti, sotto agli strati fossiliferi, s'innalzano potentissimi ammassi di un'arenaria compatta, che offre zone alternanti di color rosso amaranto e verdi, le quali passano insensibilmente le une nelle altre, e sono quasi i soli indizii della stratificazione. Avendo riguardo alla sua posizione stratigrafica, a' caratteri mineralogici eguali a quelli dell'arenaria pecciana di Germania, crediamo potersi considerare questa arenaria come un rappresentante del *buntersandstein*. È quest'arenaria che vide Studer nella sua rapida corsa per la Val Brembana, e che gli sembrò sì analoga a quella

(*) In questa località, come in quella di Dossena, non ci fu possibile trovare una sola trigonia: Curioni invece sostiene avervene raccolte, e non pochi individui, ma a centinaia. Queste trigonie trovate da Curioni e da G. B. Villa sono della specie denominata dal De Buch *Trigonia* o *Myophoria Wathelyæ*.

del trias di Germania da fargli nascere il dubbio dell'esistenza del trias in Lombardia. Ed è forse questa stessa arenaria rossa che Haidinger nella sua carta geologica dell'Impero Austriaco segnò come un'emersione di porfido quarzifero (*).

L'arenaria verde e rossa continua sino a Camerata, là si solleva, e sotto di essa compaiono nuovi strati calcarei che seguitano sino a Piazza, si presentano ora come mar-

(*) Valgano i cenni che qui diamo sulle valli bergamasche a rettificare anche alcune indicazioni date dallo Studer in un'opera sulla *Geologia della Svizzera*. Egli infatti considerava gli schisti che si trovano a San Pellegrino come superiori alla dolomia che forma il monte Alben, le arenarie e marne rosse e verdi come inferiori non solo alla dolomia stessa dell'Alben ma anche a quella del monte Arera; e ne deduce che v'ha una sola dolomia, superiore alle rocce variegate e triasiche, e quindi giurese. Si avvicina invece maggiormente al vero quando accenna l'esistenza del *muschelkalk* a Gorno in Val Seriana, delle marne verdi al Passo della Gambacocchia, e di alcuni strati ricoperti di avanzi dell'*Halobia Lomellii* presso Zigole nel Bresciano. Lo spaccato della Val Brembana, che lo Studer inserì nella sua *Geologia della Svizzera*, dev'essere modificato in modo da corrispondere a quelli rappresentati in una delle tavole annesse a questo libro ed al seguente (fig. 59), che attraversa da nord a sud le

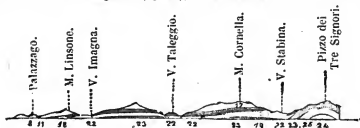


Fig. 59.

valli Imagna, Taleggio e Stabina. In esso vedonsi gli strati giuresi (17) sottoposti alle rocce eoceniche e cretacee (8), delle colline di Palazzago e di Almeuno, rialzarsi a formare le creste dei monti Linsone, dei monti fra la Vall'Imagna e la Val Taleggio, e del Monte Cornetta, e ricoprire gli strati triasici (18, marne variegate, calcarea conchigliifera e arenaria rossa e verde), ai quali poi stanno sotto: la dolomia inferiore o permiana (22) che forma il suolo della valle Stabina, l'arenaria rossa permiana (23) che s'innalza a formare il Pizzo dei Tre Signori, e finalmente gli *stenoschisti* (25) ed i *gneiss* e *micascisti* (24) che formano il nucleo di questo monte.

mi venati, rossi e cenerini ed ora come dolomie, e sono presso Orbrembo mascherati da ampii depositi di conglomerati diluviali, che scavansi come pietre da fabbrica. Queste rocce calcaree sono le stesse che formano ad Oriente i monti Ortighera ed Arera, ed a tramontana quelli sopra Piazza sino ad Averara da una parte ed a Valleve dall'altra, e che fra l'Olmo ed Averara si mostrano sparse di piccole cavità tappezzate di minuti cristallini. Essendo sottoposte alle rocce triasiche, si può credere che rappresentino lo *zechstein*.

Entrando in Val Fondra, vedonsi a Valnegra le calcaree sovrapposte ad alcuni steaschisti collegati con un'arenaria rossa che si presenta ora come un'arenaria a grana finissima, ed ora come un conglomerato a grossi elementi; ora appare col solo cemento argilloso e ferruginoso, ed ora è un conglomerato formato di ciottoli d'arenaria rossa a grana fina, agglutinati da un cemento steatitoso, sì che la roccia ha un aspetto assai bello. Quest'arenaria, cogli strati di steaschisto con essa alternanti, continua sin a Dosso; è attraversata tra Fondra e Trabucchetto, da un'emersione di steatite; a Dosso si abbassa sotto un lembo di calcaree e ricompare poi a Branzi, dove forma i monti circostanti; gira infine al nord di Valleve, passa a ponente nell'altra valle intorno a Mezzoldo, da dove si dirige, attraversando la Valle Moresca o d'Averara, al Pizzo dei Tre Signori ed al Monte Varrone, per di là scendere in Val Sassina. Verso levante va da Branzi in Val Seriana fra Gromo e Fiumenero; e l'emersione steatitica di Fondra e Trabucchetto, che non si appalesa più verso ponente, sembra collegata con quella che attraversa egualmente l'arenaria rossa a Gromo in Val Seriana. Salendo da Branzi a Carona verso il Pizzo del Diavolo ed oltre Valleve a Foppolo, vedonsi sottoposti all'arenaria rossa alcuni schisti neri, ora talcosi ed ora no, che si sfaldano benissimo e si cavano, specialmente a Carona, per coprirne i tetti dei paesi circonvicini. Oltrepassati questi schisti nella valle di Mezzoldo, per salire al passo di San Marco, vedonsi ap-

poggianti sui gneiss e micaschisti, che formano le cime dei monti al confine colla Valtellina. L'arenaria rossa che si trova sotto alle calcaree rappresentanti lo *Zeckstein* ed ha gli stessi caratteri mineralogici che nel Veneto e nella Germania, ove se ne è ben determinata l'età, deve senza dubbio ritenere del terreno permiano; e per conseguenza gli schisti neri ad essa sottoposti è assai probabile che siano dell'epoca carbonifera.

È interessante l'emersione della steatite a Fondra, tanto perchè vi si vedono gli strati di arenaria rossa rialzati all'intorno di essa a guisa d'un mantello, quanto perchè suggerisce la spiegazione del cemento steatitico del conglomerato rosso e degli steaschisti che vi sono intercalati. Sembra infatti che nella formazione di quel conglomerato si possano distinguere due epoche; nella prima delle quali si sia formata l'arenaria rossa col cemento argilloso, e nella seconda sia stata rotta dall'emersione della roccia serpentinosa e i suoi frammenti siano stati riuniti dal cemento steatico, e frammezzo agli strati d'arenaria siansi sollevate delle porzioni della stessa roccia serpentinosa a formare gli steaschisti.

Nella Valle Stabina, finalmente, s'incontrano le rocce triasiche verdi e rosse, senza accompagnamento di strati conchigliiferi, attraversare il fiume sotto Cassiglio ed essere collegate col gesso che si cava in poca quantità presso Santa Brigida, e con quello presso Rava. Esse non compaiono nei monticoli sulla sinistra del fiume se non qua e là entro alcune frane; e queste hanno in allora un aspetto ed un colore giallognolo particolare, sì che l'occhio esercitato non falla quasi mai a ricercarvi i frantumi delle marne verdi friabili (*). Queste rocce verdi e rosse sono evidentemente inferiori alle calcaree dei monti Araralta e Venturosa, e superiori a quelle che da Piazza si stendono in una zona per Olmo ed Averara, e di là lungo le falde del

(*) È da questo solo aspetto speciale delle frane in questa valle che negli anni seguenti fummo guidati a scoprire le marne verdi in quelle di Gorno e di Piario in Val Seriana, presso Esino e in Val Sassina.

Pizzo dei Tre Signori, ascendono poi al Monte Bobbio e passano in Val Sassina sopra Introbbio. Diffatti, salendo da Valtorta al Piano di Bobbio e scendendo di là verso Introbbio, si attraversa la zona delle rocce verdi e rosse poco sopra Valtorta e si cammina poi sempre sulle calcaree sin quasi ad Introbbio, dove incontrasi l'arenaria rossa.

Riepilogando le osservazioni fatte in Val Brembana e Val Seriana, diremo che:

1.° i monti meridionali sino a Clusone, Gorno, Monte Alben, San Gallo, San Rocco, Monte Venturosa, Monte Araralta, Valtorta, sono di calcaree e dolomie giuresi;

2.° una zona di trias attraversa le valli, passando per Oltresenda, Gorno, Valpiana, Dossena, San Giovanni Bianco, Cassiglio, Valtorta;

3.° una zona di calcaree e dolomie dell'epoca permiana è parallela alla precedente e si estende sino a Gromo, Piazza, Valleve, Averara alle falde del Pizzo dei Tre Signori e al Monte Bobbio;

4.° alla zona permiana fa seguito quella dell'arenaria rossa, sino a Fiumenero, Branzi, Mezzoldo, Monte Varrone, ed a questa infine ne segue un'ultima, di schisti talcosi e silicei, e di gneiss e micaschisti, che comprende i monti sul confine della Valtellina.

E da tutto questo deduciamo finalmente:

1.° che il *keuper* è rappresentato dalle marne verdi e rosse friabili, ed attraversa tutte due le valli;

2.° che il *muschelkalk* è rappresentato dalle calcaree con trigonie inferiori alle marne verdi e rosse, ed esiste di certo in Val Seriana a Gorno e presso Clusone e probabilmente anche da Dossena a San Giovanni Bianco in Val Brembana;

3.° che l'arenaria verde e rossa, che sta sotto alle calcaree con trigonie e non è bene sviluppata se non fra Sant'Anna e Camerata in Val Brembana, rappresenta assai probabilmente il *buntersandstein*;

4.° che la lunga successione di marmi venati e di calcaree oscure, grigie e cavernose, spesso mutate in dolo-

mia, che è sottoposta alle precedenti rocce triasiche, è da giudicarsi dell'epoca dello *zechstein*;

5.^o che l'arenaria rossa, che fu dapprima ritenuta per giurese, poi per triasica, essendo inferiore all' calcaree permiane, dev' esser considerata anch'essa di questo terreno, come nel Veneto e in Germania;

6.^o finalmente che gli schisti neri di Carona, Foppolo, ecc., che sono inferiori all'arenaria rossa permiana e finora non offrirono fossili, sono ancora d'epoca dubbiosa, ma assai probabilmente si può credere col professor Balsamo che siano dell'epoca carbonifera. È desiderabile che apposite ricerche vengano fatte su quest'ultimo argomento assai importante, giacchè, se fossero realmente di tal epoca, potrebbe forse rinascere la speranza di poter scoprire del vero carbon fossile anche nel nostro paese.

Avremmo potuto discendere a molte particolarità sulla stratificazione delle rocce in queste due valli, sugli spostamenti che s'incontrano nelle valli laterali e che sembrano aver dato origine alle valli stesse, come alle valli Serina, Imagna, Taleggio, ecc., sulla potenza delle diverse formazioni, sui minerali di ferro che esse contengono, al Carisole, per esempio, sopra Carona e sopra Bondione nella parte più alta della Val Seriana, e sopra altri argomenti; ma di essi crediamo vorrà trattare estesamente il professor Balsamo nella sua Memoria sopra queste valli.

154. Val Sassina e dintorni del lago di Como (*). — Per istudiare la struttura geologica della Val Sassina vi si può

(*) Dopo la carta geologica e gli spaccati dei monti del Lario datici da La Bèche, vi hanno varii scritti speciali di Curioni, Balsamo, De Filippi e Collegno intorno alla loro struttura geologica; ma in essi non erano stati per anco indicati i limiti geografici dei terreni del trias e permiano, che sono sì ben distinti nelle valli Brembana e Seriana. Il professor Balsamo ed io, ritornando dalla Val Brembana nel 1850, avevamo bensì studiata la successione delle rocce fra Bellano e Varenna, e trovata una corrispondenza fra esse e quelle di Val Brembana, e il risultato venne inserito anch'esso nel *Sunto litografato* più volte citato; ma mancavano ancora analoghe osservazioni in Val Sassina, in Val d'Esino, presso Bellaggio, e fra Menaggio e Gaeta. A riempire questa lacuna feci una

entrare dalla Valle d' Esino, dove sono da osservarsi le rocce, ora calcaree ed ora dolomiche, di color nero e contenenti pesci fossili a Perledo, scure e rosse con natiche, turritelle ed altre conchiglie univalvi nella Valle del Monte (a nord-ovest della Grigna settentrionale), e rialzate in generale verso nord-est. In una frana presso il molino dei fratelli Barindelli nella Valle della Vigna, tra la Valle del Monte ed Esino inferiore, trovansi degli strati di marne verdi, eguali a quelle di Val Brembana e Val Seriana, quasi nascoste da ammassi di puddinga diluviali, e che sono evidentemente inferiori alle rocce calcaree dei monti d'Esino. Un altro luogo ove si vedono questi stessi strati è alla riunione dei due torrenti che scendono ai lati del promontorio su cui sta la chiesa d'Esino. Sulla strada poi fra questo paese e Perledo i fratelli Villa trovarono dei ciottoli di dolomia con frammenti di gambi di *crinoidi*, i quali però non ci sembrano encriniti triasici; per il che vale ancora l'asserzione di Curioni, che cioè esista ad Esino una dolomia con *apiocriniti liassici*.

Salendo da Esino alla colma di Guello (per la quale si va in Val Sassina quando è ingombra di neve l'alpe di Cainallo, dove trovansi dolomie fossilifere identiche a quella di Serina in Val Brembana), si passa sopra una serie di rocce calcaree rialzate in generale verso nord-est, sì che discendendo poi in Val Sassina verso Perlasco si vedono le testate dei loro strati. Poco sopra Perlasco incontransi alcuni strati verdi eguali a quelli di Val d'Esino, e poi altri d'arenaria verde e rossa analoga a quella di Val Brembana, e sotto d'essi altre calcaree sino a quel villaggio.

Da Cortenova verso Bellano si cammina sino a Perlasco sopra rocce calcaree, coperte spesso da ampi ammassi di-

gita di otto giorni nell'aprile di quest'anno (1853), nella quale, guidato da una carta geognostica della Val Sassina costrutta, anni sono, dall'ingegnere Robiati e dalle poche indicazioni sui trias dateci da Curioni, potel verificare le indicazioni di quest'ultimo sull'arenaria rossa e sulle rocce granitiche e determinare un po' più la distribuzione dei terreni triassico e permiano in quel tratto di paese.

liviali verso la Pioverna, e in due luoghi soltanto s'incontrano prima di Perlasco gli strati verdi e rossi rialzati sotto alle calcaree, finchè presso quel villaggio s'innalzano per non più ricomparire sulla strada di Bellano, e per mostrarsi di nuovo a nudo alla sponda del lago fra questo borgo e Varenna. Presso Perlasco sporgono qua e là eminenze di arenaria rossa e di conglomerato rosso, inferiori alle calcaree, e talora di alcuni strati verdi e rossi schistosi, che a prima vista sembrano affini a quelli del *keuper*, ma sono invece collegati col conglomerato rosso e composti di steaschisti e d'arenaria rossa alterata da emanazioni talcose. Tutti questi strati, d'arenaria rossa e di calcaree, sono rialzati, dopo Perlasco, intorno ad un centro, forse occupato da una roccia emersoria. Di là al Portone osservansi ancora le calcaree, che s'innalzano poi dopo, sollevate dall'arenaria rossa, la quale cede ben presto il posto a potenti strati di gneiss, micaschisti e steaschisti, che continuano fino a Bellano.

Percorrendo la strada da Bellano a Introbio per la Muggiasca (Vendrognò, Presallo, Taceno, Bindo, Cortabbio, Primaluna e Pessina) si ha campo di verificare le indicazioni date da Curioni (*). Diffatti i gneiss e i micaschisti, rialzati presso Bellano da un'emersione di protogino, s'innalzano verso il Monte Muggio ed al Cimone di Margno, contenendo cianite, piriti e cinabro; e l'arenaria rossa, collo schisto argilloso che le sta sopra, forma una zona, che dal Portone, attraversando la valle, si dirige fra Presallo e Bindo, sollevandosi nei monti verso Premana e sostenendo presso Taceno un lembo di roccia calcarea; forma poi la parte superiore dei monti sopra Cortabbio e Vimogno, e di Val Biandina, e si solleva al monte Varrone ed al Pizzo dei Tre Signori, dov'è attraversata dai filoni di carbonato di ferro, che alimentano i forni fusorii di Premana, e si unisce alla zona che attraversa la Val Brembana. Un altro lembo d'arenaria rossa si estende alle falde del Monte Còdeno, da

(*) *Stato geologico nelle Notizie naturali e civili sulla Lombardia*, Milano, 1844.

Prato San Pietro, dove è attraversata da un'emersione di granito a tre elementi, sino in faccia a Introbbio; mentre da Cortabbio a Vimogno osservansi altre emersioni di rocce ignee, cioè di leptinite compatta a Primaluna, di sienite sopra Introbbio, di granito a felspato lamellare e mica argentino al Monte Grella, di granito senza quarzo da Cortabbio a Primaluna. Il fondo della valle è ingombro di depositi diluviali assai estesi.

Salendo da Introbbio alla colma fra i monti di Esino e il Monte Codeno, Curioni trovò succedersi, dal basso all'alto, le seguenti rocce: 1.^o una roccia metamorfica, con tracce di filoni di galena, piriti, calcopiriti e solfato di barite; 2.^o un'arenaria di color rosso vinato, che non si sostiene in dirupi; 3.^o una calcarea nereggiante, ora micaea, or no, con encriniti mal determinabili; 4.^o un'arenaria giallo-rossiccia, talora assai compatta e buona da coti, potente sino a 45 metri; e 5.^o finalmente una serie di calcaree, con pochi fossili mal determinabili, che formano i monti d'Esino e di là discendono al lago di Lecco presso Lierna.

Ascendendo gli stessi monti un poco più a ponente, cioè nella Valle dei Molini, sopra Prato San Pietro, lo stesso geologo trovò in basso l'arenaria rossa, e sovr'essa adagiata una calcarea magnesiana, talora con vene spatiche; alla quale succedono altre calcaree con frammenti dell'*Encrinus moniliformis* e dell'*Encrinus liliiformis*, e quindi rappresentanti il *muschelkalk* e ricoperte da dolomie con apiocriniti ed altre rocce calcaree, che s'inclinano verso il lago, formando i monti della vallata d'Esino, e collegate a quelle che a Perledo contengono pesci e rettili petrificati (*).

Nel nostro Museo civico in fine sonvi esemplari di conchiglie fossili, che furono raccolte alla costa di Prada, cioè sul versante meridionale della colma che divide la vallata di Mandello dalla Val Sassina, e che sono assai

(*) Memoria sui terreni di sedimento inferiore dell'Italia settentrionale, nel Giornale dell'Istituto, 1845.

analoghe all'*Halobia* (fig. 60), che Catullo colloca tra i fossili caratteristici del trias veneto.

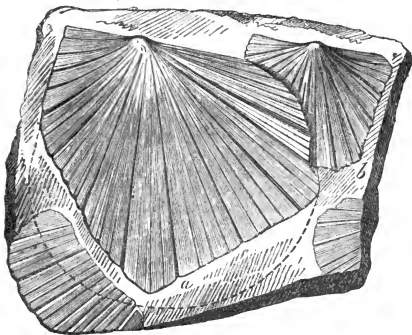


Fig. 60. — *Avicula pectiniformis* od *Halobia Lomellii* (*).

Da tutto ciò crediamo poter dedurre :

1.° che le calcaree da Perlasco al ponte di Chiuso presso Introbbio, lungo le falde del Monte Codeno, sono rappresentanti dello *zechstein*;

2.° che l'arenaria rossa ad esse inferiore rappresenta il terreno permiano inferiore;

(*) La conchiglia in *a* è l'*Avicula pectiniformis* degli autori; quelle in *b* appartengono alla specie del Veneto, che si distingue dalla prima per avere le coste longitudinali scanalate da un sulco visibile ad occhio nudo. All'una e all'altra specie sono assai analoghe le avicule trovate nella Val Sassina e quelle che Curioni ha raccolte a Schilpario e in qualche altro luogo delle valli bresciane. La linea punteggiata rappresenta la grandezza della conchiglia completa.

3.° che fra le calcaree permiane suddette e le calcaree giuresi dei monti di Perledo, d'Esino e del Monte Codeno stanno alcuni strati rappresentanti il trias;

4.° che, tra questi, i superiori, marnosi, verdi, rossi e gialli ed analoghi a quelli di Val Brembana, si trovano press'a poco orizzontali o rialzati verso nord-est, a metà altezza del Monte Codeno, si sollevano di là alla costa di Prada e discendono poi sopra Cortenova e sopra Perlasco, per ricomparire nel fondo della valle sotto Esino, e rappresentano il *keuper*;

5.° che le calcaree con encriniti della valle dei Mulini rappresentano il *muschelkalk*;

6.° che l'arenaria rossa e verde che si trova sopra Perlasco, discendendo dall'Alpe di Guello, e che vi è inferiore alle marne verdi, è da considerarsi coetanea del *buntersandstein*;

7.° finalmente che le rocce calcaree che formano la parte più elevata del Monte Codeno, ed i monti di Esino e Perledo sono tutte *giuresi*.

Ora non resta che a rinvenire l'unione fra il trias qui descritto e quello di Val Brembana; e tale unione è provata dall'identità mineralogica e stratigrafica della calcarea del Monte Bobbio con quelle che formano i due promontorii tra' quali sta il ponte di Chiuso. Le calcaree dolomitiche del Monte Bobbio si abbassano infatti verso il sud, sotto ad una serie potente di strati d'arenarie verdi e rosse, analoghe a quelle fra Sant'Anna e Camerata in Val Brembana, e quindi triasiche, che s'incontrano sulla strada dal ponte di Chiuso a Barzio, rialzati verso tramontana; precisamente come le calcaree dolomitiche, che formano le falde del Monte Codeno verso Introbio, si abbassano verso mezzodì per andar sotto agli strati d'arenarie verdi e rosse triasiche presso Baiedo.

Da Barzio sin quasi a Balisio estesi depositi diluviali mascherano in gran parte le rocce che formano le falde dei monti; ma l'esistenza del gesso a Concenedo, indicata da Curioni, ci fa credere che anche colà trovinsi gli

strati triasici, che in Val Brembana sono sempre uniti a quel minerale, e che le arenarie rosse da altri indicate in Val Dungo, nella valle sopra Balisio, e nella valle di Boaschio (nella quale discende verso Lecco il torrente Caldone provenendo dal Monte Due Mani, dal Zucco Desio e dal Resegone) siano arenarie dell'epoca triasica. La qual opinione è ancora avvalorata da ciò che nella valle del Caldone, presso Aquate e nel villaggio di Germagnedo, vedemmo un'arenaria rossa, eguale a quella di Barzio, sporgere sotto alle calcaree e alle dolomie giuresi, che in istratificazione pressochè orizzontale formano il Monte Codeno (*) o Grigna settentrionale, la Grigna meridionale, i monti di Barzio e Cassina verso la Val Taleggio, il Zucco Desio, il Monte Due Mani, il Zucco d'Erna, il Resegone e l'Albenza. Nella valle del torrente Caldone presso Aquate sotto l'arenaria rossa triasica, e presso Caggianico sotto alcuni strati di schisti marno-carboniosi simili a quelli di Val Imagna, si vedono rialzarsi verso il lago alcuni strati calcarei, che forse sono del terreno permiano e rendono quindi probabile che alle falde del Resegone si trovino fossili triasici. Finalmente l'esistenza di arenarie rosse sopra Linzanico, di cave di gesso tra Lecco e l'Abbadia, e la stratificazione orizzontale delle calcaree del sovrastante Monte San Martino, danno fondamento all'opinione che anche alle falde di questo monte, come al Resegone, s'incontrino sporgenze di strati triasici. Alle falde dei monti sopra Rancio e Laorca, sin quasi a Ballabio, e specialmente a ridosso del Monte Albano sopra Lecco, v'hanno dei depositi diluviali assai potenti e spesso formati da puddinghe grossolane.

Da tutto questo dedurremo che gli strati calcarei permiani formano la base dei monti della Val Sassina, mostrandosi a nudo alle falde del Monte Codono verso Introbio ed a quelle del Resegone e del Monte San Martino presso Lecco; che le cime di tutti quei monti sono di rocce calcaree giuresi, e che fra queste due serie di rocce si stendono

(*) In questi calcari dicono i fratelli Villa aver trovato esemplari del *Cradium triquetrum*.

le rocce verdi, rosse e conchigliifere triasiche, che s'incontrano alla superficie del suolo fra il ponte di Chiuso e Barzio, alle falde del Resegone e del San Martino, a Baiedo, nella valle dei Mulini, sopra Perlasco, presso ad Esino, ecc.

Da Mandello a Varenna non v'hanno che rocce calcaree giuresi; ma fra questo borgo e Bellano è degna di osservazione una serie di strati che in piccolo rappresenta la successione dei terreni delle valli che abbiamo finora studiate. Difatti allorchè si cammina sulla strada militare da Bellano verso Varenna, alla distanza di circa 520 passi dal ponte della Pioverna (*), incontrasi il primo luogo ove si tagliò la roccia per formare la strada, e la si vede essere di gneiss e micaschisto. Queste rocce gnesiache e micace continuano per il tratto di 633 passi all'incirca, nascoste qua e là da muri o da terra vegetale, e vanno sempre divenendo più ricche di steatite, sì che verso la fine sono cangiate in veri steaschisti verdognoli o gialli, con una tinta ocracea dove sono alterati dall'acqua e dall'aria. Sopra tutte queste rocce seguono poi altri strati, sempre rialzati verso Bellano, ed alternanti di steaschisti, arenarie rosse, schisti rosseggianti e micacci, conglomerati rossi e con cemento steatitico, schisti argillosi con ferro solfato, arenarie grigie a grani ocracei, che continuano, per 244 passi circa, sino alla prima galleria, formano la stessa galleria, lunga circa 127 passi, e poi a poco a poco si cangiano in arenarie e conglomerati quarzosi chiari, con qualche straterello steaschistoso alternante, per un tratto di 125 passi circa. Sopra questi si appoggiano altri strati di calcaree cenerine scure, con vene spatiche, di apparenza d'arenaria e con straterelli alternanti d'arenaria gialla, d'arenaria rossigna, schistosa alterata, formanti un tratto di passi 56. Segue poi una lunga interruzione di circa 105 passi, per un muro che costeggia la strada; ma nel campo fra questa e il monte

(*) Le misure e le conclusioni qui esposte, fondate sopra le mie osservazioni fatte nell'aprile scorso (1853) differiscono alquanto da quelle date nel *sunto litografato* più volte citato, dietro le osservazioni e misure del Professor Balsamo.

vedonsi alcuni strati di arenaria compatta, che passano insensibilmente dal verde al rosso e che, senza tema d'errore, si possono considerare eguali alle arenarie variegata della Val Brembana, di Barzio in Val Sassina e delle falde del Resegone. Dopo l'interruzione vedonsi, per passi 18, altri strati d'arenaria rossa a grani minuti e con straterelli verdi, poi un'altra interruzione di passi 48, alla quale seguono le calcaree nere con vene spatiche, dapprima con tracce di marne e arenarie giallastre alternanti, poi senza queste alternanze, che continuano per 671 passi (con un'interruzione di 77 passi) sino alla fontana pubblica, e di là seguitano sino a Varenna, formando le altre gallerie per la strada militare.

Abbiamo quindi, riepilogando, 633 passi di *gneiss*, *micascisti* e *steaschisti*, 496 di arenaria rossa e conglomerato rosso dell'epoca *permiana*, 56 di calcaree che forse rappresentano lo *zechstein*, 123 di arenarie, marne rosse e verdi rappresentanti del *keuper*, poi una interruzione di 48 passi, alla quale seguono le calcaree nere con vene spatiche, che continuano sino a Varenna ed appartengono al lias ossia al terreno *giurese inferiore*. La qual successione di rocce, che sembra a prima vista presentare un passaggio dalle giuresi alle cristalline, fu dal Collegno considerata tutta appartenente al terreno giurese, quantunque già prima il Curioni ed altri riguardassero l'arenaria rossa come appartenente ad un terreno più antico (*).

Attraversato il lago di Lecco, incontransi nella valle di Guggiate, presso Bellaggio, molti schisti neri analoghi a quelli di Valle Imagna, con fossili liassici. Andando poi da Bellaggio a Limonta, si trovano gli strati calcarei e dolomici giuresi (che fanno seguito a quelli costituenti la punta di Bellaggio verso tramontana e tutti i monti della Vallassina sino ad Erba ed a Como) rialzati presso Limonta, e sottostarvi pochi schisti, e sotto a questi una dolomia distinta, che corrisponde alla dolomia inferiore della Valle Brembana e del ponte di Chiuso in Val Sas-

(*) Collegno, *Elementi di Geologia*, pag. 262, ediz. di Torino 1847.

sina: fra l'una e l'altra dolomia, trovasi inserito l'ammasso di gesso noto sotto il nome di gesso di Limonta. L'esistenza di questo gesso e la posizione di questa dolomia inferiore agli schisti liassici son prove che siffatta dolomia inferiore è dell'epoca permiana (*).

Attraversato anche il ramo di Como, s'incontrano alla Madonna del Soccorso, sopra Campo, alcuni strati simili a quelli di Guggiate, che si sollevano verso nord-est e ricompaiono in qualche parte della valle di Menaggio, intimamente collegate colle calcaree del Monte Crocione, in cui si trovano conchiglie bivalvi giuresi (chiamati *piedi di vacca* dai montanari), e che si estendono sino a Nobiallo, dove formano un marmo rosso e si appoggiano sull'ammasso di gesso che vi si lavora con vantaggio. Dopo il gesso, incontransi altre dolomie, che formano il Sasso Rancio, contengono crinoidi indeterminabili e si appoggiano presso Gaeta sugli strati rialzati quasi verticalmente di arenaria rossa. È negli strati calcarei più vicini a questa arenaria rossa che sono praticate le miniere di Gaeta, dalle quali si estrae il ferro idrato proveniente dall'alterazione delle piriti contenute nella roccia calcarea.

Fra Gaeta e Sant'Abbondio l'arenaria rossa cede il posto ai gneiss e micaschisti che formano i monti di tutto il restante della sponda del lago verso tramontana. Quantunque sinora non siasi rinvenuta presso Menaggio alcuna traccia di rocce triassiche, l'esistenza del gesso di Nobiallo ci fa considerare la dolomia del Sasso Rancio come permiana.

Dalla Tremezzina a Como sulla sponda occidentale, e da Bellaggio a Como sulla sponda orientale del lago, e in tutta

(*) Questa sovrapposizione degli schisti liassici alla dolomia di Limonta fu veduta anche da Curioni, ma egli ne trasse una conseguenza ben differente. Difatti nei suoi *Cenni sopra un nuovo Saurio dei monti di Pertedo* (Giornale dell'Istituto lombardo, 1847) egli afferma « che gli schisti di Guggiate presso Bellaggio, fortemente inclinati verso ponente, sono superiori alla dolomia, che presso Limonta forma il fianco orientale di quei monti, e che perciò vi riesce inferiore; » e ne trae la conseguenza che i fossili di Guggiate furono male determinati e non sono liassici. Siffatta deduzione era fondata sulla credenza che non vi sia nei monti lombardi altra dolomia fuorchè la giurese.

la Vallassina da Bellaggio a Canzo e ad Erba, i monti sono formati di calcaree oscure e nere, spesso dolomizzate, giuresi, e soltanto nei monti più meridionali è possibile distinguere bene le varie sorta di calcaree del terreno giurese superiore.

Sopra Erba diffatti, salendo al Buco del Piombo, vedonsi gli strati, orizzontali o quasi, formati inferiormente di calcarea scura con vene spatiche, poi di calcaree con selci, poi di calcarea rossa marnosa con aptichi ed ammoniti abbondanti e proprii dell'epoca giurese; e la caverna è aperta in un'alternanza di strati rossi e bianchi che formano passaggio alla calcarea bianca, detta *marmo maiolica*, di cui è formato il monte sopra la caverna.

Salendo invece da Cesana o da Suello il Monte Pesura, si vedono rialzarsi verso il nord-est le calcaree bianche, e sotto di esse le calcaree rosse, talora compatte a segno da formare marmi rossi come quelli di Arzo nel Mendrisotto, e sotto alle rosse le cenerine, che formano le alte cime frastagliate dei monti di Canzo. Ma le stratificazioni in questi monti sono assai contorte e sconvolte, sicchè vi si vedono strani esempi di strati contorti e ripiegati in mille guise e, secondo Curioni, anche di veri rovesciamenti di strati, in modo da comparire inferiori gli strati più recenti.

Finalmente il Monte Baro è formato di calcaree scure e dolomiche dell'epoca giurese, che sembrano un lembo staccato dai monti di Lecco che gli stanno di fronte.

Nella Vallassina è poi degna d'osservazione la distribuzione dei depositi diluviali, formati di ciottoli e di massi erratici di dimensioni talora assai grandi; giacchè s'incontrano specialmente addossati ai fianchi dei monti rivolti a settentrione, come sul Monte San Primo, sui monti di Canzo, sul Monte Palanzolo, ecc.

155. Brianza (*). — Propagini delle prealpi sono i colli briantei, raccolti nello spazio fra il Lambro e l'Adda. La loro struttura riesce complicata per le frequenti contor-

(*) Descritta specialmente dai fratelli Villa in apposita *Memoria*, nel 1844, in occasione del Congresso scientifico di Milano.

sioni ed i diversi sollevamenti degli strati, e difficile a studiarsi in breve tempo; giacchè il terreno di trasporto e il terreno vegetale coprono quasi da per tutto le rocce più antiche, sì che divengono necessarie lunghe ricerche per scoprire i luoghi ove queste rocce son messe a nudo; e per raccoglierne fossili non v'ha quasi altro mezzo che dipendere da quelli che lavorano nelle cave di pietre da costruzione, nella costruzione delle strade, o in qualche altro genere di scavi.

Ad avere un'idea generale della struttura geologica della Brianza basta attraversarla lungo due linee, dirette da mezzodi a settentrione, l'una nella sua parte occidentale, l'altra nella parte orientale, come ora verremo esponendo.

Ascendendo dalla pianura a Capriano, vedesi la collina di questo paese formata di arenaria con mica, analoga, anzi continuazione di quella di Viganò, che è nota per i suoi usi nelle costruzioni architettoniche sotto il nome di *molera*. Essa contiene alternati alcuni straterelli marnosi, compatti, con impronte di fucoidi (*F. Targioni, intricatus*, ecc.), e quindi apparterrebbe, secondo Murchison, all'epoca eocena. Così a Capriano come a Romanò sull'altra sponda del Lambro, contiene inoltre qualche strato di lignite, perforato da teredini diverse dalla *Teredo navalis*. Quest'arenaria con fucoidi orma, secondo i fratelli Villa, il *gruppo superiore* delle rocce della Brianza.

Di là progredendo verso tramontana, si veggono sorgere altri strati, inferiori ai precedenti, di calcaree marnose, or rosseggianti, ora cenerine ed ora biancastre, che formano le colline di Nibionno, Tabiago, Bulciago, Centémero, Masnaga, Breno, e ricompaiono verso ponente, presso Anzano, sempre in istratificazione ondulata. Esse contengono presso Brenno dei catilli (*Catillus Cuvierii, C. Lamarckii, C. Cripsii*), qualche ammonite ed altri fossili d'epoca cretacea. Talvolta sembra che vi alternino degli strati d'arenaria, ora minuta ed ora grossolana, nella quale, quand'è alterata dall'aria, si scoprono piccolissime nummuliti. Finchè si ammise che le nummuliti siano d'epoca

cretacea non si trovò singolare l'alternanza di strati nummulitici cogli strati a catilli; ma dacchè si cominciò da distinti geologi a sostenere che non v'hanno nummuliti vere se non nei depositi eocenici, la suddetta alternanza fu messa in dubbio. Così, mentre i fratelli Villa sostengono che a Centemero, in una cava presso la strada che da questo paese conduce a Sibrone, si alternano le brecciole nummulitiche colle calcaree rosse catillifere, il professor Balsamo crede invece che in quella cava le calcaree rosse non contengano altro che fucoidi, e che soltanto pei caratteri mineralogici si possano confondere colle calcaree catillifere dei vicini colli; e noi pure siamo di quest'ultima opinione, non avendo trovata veruna traccia di catilli nella calcarea marnosa rossa che contiene le impronte di fucoidi ed alterna colla brecciola nummulitica. D'altra parte il parroco del vicino paese di Masnaga, signor Rimoldi, che si occupa di questi studii, ne accertò che in quella calcarea rossa non si trovarono mai catilli, ma soltanto poche fucoidi, mentre i catilli sono invece frequenti nella calcarea cenerognola che da Tabiago, passando sotto ai depositi di Centemero, si solleva verso nord-est a formare la collina di Masnaga, dove contiene alcuni strati alternanti di una puddinga, che non può essere confusa con quella di Centemero ed è affatto analoga a quella cretacea di Molteno e Sirono. Ci sembra quindi doversi opinare col professor Balsamo che nella cava di Centemero non v'ha alcuna alternanza di strati con catilli e di altri con fucoidi e con nummuliti; che invece gli strati con catilli che si osservano a Tabiago si affondano sotterra verso Centemero, passano sotto ai pochi strati con fucoidi e nummuliti della cava suddetta, e si rialzano al di là a formare la collina di Masnaga; e che l'alternanza degli strati catilliferi e nummulitiferi deriva dall'aver confuso le calcaree cretacee colle terziarie, in conseguenza della quasi perfetta eguaglianza dei loro caratteri mineralogici. Le calcaree con catilli e le puddinghe che alternano con esse formano per i fratelli Villa il *gruppo medio* delle rocce cretacee della

Brianza, detto anche *gruppo di Breno e Sirone*, comprendendo però essi in questo gruppo anche le rocce nummulitiche che vengono da noi considerate come eocene.

Le colline di Moiana, Rògeno, Casletto, Bosisio, sin a Suello e Cesana, constano di calcaree psammitiche, più o meno compatte, di color vario, ma chiaro, che si cavano in parecchi luoghi come pietre da costruzione, sotto i nomi di *cornettone* e di *ceppo argentino*; sono inferiori alle calcaree marnose con catilli, e non forniscono altri fossili fuorchè poche impronte di vertebre e di costole di rettili (*Hyleosaurus Villæ Bals.*) e di zoofiti non ben determinati. Esse si vedono appoggiarsi fra Suello e Cesana sulla calcarea bianca, detta *maiolica*, membro superiore del terreno giurese, e, secondo i Villa¹, formano il *gruppo inferiore o di Rògeno*.

Ritornando a mezzodì pel centro della Brianza, si trova, fra le ultime colline descritte e i monti San Genesio e di Ello una pianura torbosa, terminata dalle colline di Molteno, di Sirone e di Dolzago, che constano di grossi ammassi di puddinga a grossi elementi, nerastra, analoga a quella di Masnaga, e contenente fossili cretacei (acteonelle ed ippuriti). Si attraversa poi un tratto coperto dal terreno alluvionale, e sotto cui passa una zona di arenarie con fucoidi, che si mostra a Garbagnate Monastero da una parte ed a Santa Maria Hoè e Rovagnate dall'altra, ed occupa una depressione dei terreni cretacei. Giungendo a Sirtori, riescono facili ad osservarsi alcuni lembi di calcaree marnose con catilli a levante di Barzanò, di arenarie eocene a ponente dello stesso paese, ed a Viganò le colline formate di arenarie e marne con fucoidi, rialzate verso sud-ovest. Di là verso mezzogiorno non vedonsi che colline e ondulazioni formate da terreni diluviali, coperti assai di frequente dall'argilla rossa chiamata *ferretto*, dalla quale acquistano il color d'ocra le acque che l'attraversano dopo le piogge.

Nelle colline di Montevicchia e di Bernaga e Cereda, diritte da nord-ovest a sud-est, gli strati, invece d'incli-

narsi verso la pianura, si rialzano, sì che salendo da Lomaniga a San Bernardo se ne vedono le testate. Sono composti di rocce del gruppo inferiore, cioè di calcaree psammitiche, e sono diretti come la collina intera. Scendendo da San Bernardo verso tramontana, s'attraversano altri strati di puddinghe, e il Monte Spiazzo trovasi formato da strati di calcaree marnose con catilli, sovrapposti ai precedenti, e che discendono verso tramontana, per rialzarsi ancora a Giovenzana e nel monte San Genesio, formando così intorno a Rovagnate e Santa Maria Hoè la depressione nella quale si adagiano in istratificazione concordante i già descritti strati d'arenaria simile a quella di Romanò.

I monti da Giovenzana a Galbiate constano di strati rialzati verso nord-est, di calcaree marnose con catilli intorno a Val Greghentino, di puddinga intorno a Tegnone, Nava e Giovenzana, e di calcaree psammitiche del gruppo inferiore da Dozio ed Ello sino a Galbiate, e corrispondono quindi alle colline da Nibionno a Suello.

Alcune puddinghe ad ippuriti simili a quelle di Moltenot Sirone e Giovenzana si trovano poi al di là dell'Adda formare il versante boreale del Monte Canto, mentre il meridionale è di calcaree marnose con catilli.

Lungo le sponde dell'Adda finalmente vedonsi da Paderno a Robbiate i potenti depositi di puddinghe diluviali, dai quali sporgono, presso Robbiate, sotto al Monte Robbio, le calcaree marnose e arenarie con fucoidi, alternanti colle brecciole nummulitiche; ma ben presto ritornano a nascondersi sotto i depositi diluviali. Al di là del porto d'Imbersago ricompaiono le stesse rocce eoceniche, spesso con fessure tappezzate da cristalli di spato calcareo, sinchè a poco a poco lasciano il posto alle rocce cretacee, puddinghe e calcaree marnose con catilli, che in faccia a Villa d'Adda formano la collina di Calco, e sono ricoperte a tramontana da strati d'arenaria eocena con fucoidi. E così anche la località d'Imbersago mostra la distinzione fra il terreno eoceno caratterizzato dalle fucoidi e nummuliti, e il terreno cretaceo caratterizzato dai catilli e dalle ippuriti.

156. Montorfano e Valle della Cosia (*). — Il tratto di colline che dal lago d'Alserio si stende fino a Como, e la valle della Cosia, che sta fra esso e le falde dei monti, sono degne d'essere percorse per istudiare in breve la successione delle rocce terziarie, cretacee e giuresi.

Il colle isolato di Montorfano consta di puddinga più o meno grossolana, che, quando è molto alterata per una lunga esposizione all'intemperie, si mostra assai ricca di nummuliti eguali a quelle di Centemero e d'Imbersago, e quindi deve considerarsi come cocenica. Da Erba a Tavernerio ed alla valle di San Feriolo si vedono qua e là messe a nudo, lungo la strada che passa per Villalbese, le calcaree cenerine con selci dell'epoca giurese, ed a Solzago s'incontra il marmo maiolica, che continua lungo la strada postale sotto Ponzate sino al cimitero di Camnago. Di là la strada ritorna sulle calcaree oscure; giacchè la calcarea rossa ammonitifera, qui assai poco sviluppata, ed il maiolica formano i dossi fra la strada postale e la valle della Cosia, e presso a Como si nascondono sotto i depositi diluviali. Ascendendo infatti nella valle della Cosia, contro la corrente del fiume, vedesi fra Camnago e Lipomo un rialzo nel fondo della valle, formato di calcarea rossa con aptichi ed ammoniti verso Camnago e di marmo maiolica screpolato verso Lipomo; ed ascendendo di là verso Camnago, si trovano le stesse rocce sollevarsi verso il monte ed offrire esempi del passaggio insensibile dell'una nell'altra per mezzo di alternanze spesso distinte per un colore verdognolo particolare: il qual passaggio d'una roccia nell'altra è molto importante, perchè dimostra che ambedue appartengono allo stesso terreno. Sotto Ponzate servono alla manutenzione della strada comunale che ascende a questo paese, i frammenti di calcarea rossa, fra i quali è spesso facilissimo far raccolta di aptichi e d'ammoniti; discendendo poi ancora nella valle della Cosia, la si trova formata da una spaccatura delle rocce cretacee, giacchè le sue pareti si vedono composte di strati rialzati verso

(*) Dalle osservazioni del professor Balsamo e nostre.

nord-ovest, di calcaree marnose rosse e cenerognole, che forse contengono catilli ed alternano con alcuni straterelli d'una calcarea bianca terrosa analoga alla vera creta dei francesi. Da quella gola ascendendo ancora per la valle nel letto del torrente, incontrasi un altro scoscendimento presso San Bartolomeo, dove si vedono altri strati, rialzati come i precedenti, e quindi ad essi superiori, composti di marne rosse e cenerognole, con fucoidi bellissime e con qualche strato intercalato di arenaria durissima, affine a quella che in Toscana distinguesi col nome di *macigno*. Finalmente le colline di Lipomo, che sono quasi una continuazione di quelle che si stendono dal Baradello sin quasi a Chiasso, e sono formate di arenarie e conglomerati grossolani, si ritengono dal professor Balsamo appartenere all'epoca miocenica o alla pliocenica, o ad ambedue insieme.

157. Lombardia settentrionale (*). — A settentrione di Sant' Abbondio e di Bellano sul lago di Como comincia, come si è già veduto, la zona dei gneiss e micaschisti, i quali, non più ricoperti da terreni calcarei o d'altre formazioni sedimentarie, si sollevano a grandi altezze e formano gran parte dei monti della parte superiore del lago di Como, della valle dello Spluga e della Valtellina, sollevati da estese emersioni di rocce ignee e interrotti qua e là da pochi lembi di rocce calcaree metamorfosate in marmi saccaroidi e marmi cipollini, come ad Isola sullo stradale dello Spluga, in Val Bitto, a Musso ed Olgiasca sul lago di Como, ecc. Le rocce emersorie di queste valli elevate sono la serpentina e le rocce granitiche.

La zona dell'emersione serpentinosa comincia sopra Chiavenna, si solleva a sostenere i ghiacciai della Bernina, attraversa la Valtellina fra Tirano e Bormio e si solleva di nuovo a formare il Corno dei tre Signori fra la Val Camonica e il Tirolo. La roccia è di color verde più o meno cupo, assai tenace; talvolta, come a Piuro sopra Chiavenna ed a Chiesa in Val Malenco, si lavora bene al tornio e di-

(*) Dal cenni geologici inseriti da Curioni nelle *Notizie naturali e civili sulla Lombardia*, 1844, e da alcune nostre proprie osservazioni.

cesi allora *pietra ollare* o *lavezzara*, perchè se ne foggiano le pentole dette *lavezzi*. Contiene talvolta cristalli di diallagio, asbesto, steatite, amfibolo verde, ma non presenta filoni metalliferi come la serpentina della Toscana. Sembra in relazione da una parte colle emersioni serpentinosi delle valli Intrasca e Maggia sul Verbano, e dall'altra con quelle di Val di Fassa in Tirolo, formando così una zona interrotta, diretta da levante a ponente, e non da Coira verso la Toscana, come opinava Studer, per il che non sembra in relazione colle eruzioni serpentinosi della Toscana.

Due zone granitiche lambiscono a settentrione e a mezzodi la zona serpentinosi. L'una si palesa presso Bormio; l'altra comincia al lago di Mezzola, allo sbocco della Valtellina, a Novate (dove si cava il granito ricco di quarzo e durissimo, che serve a lastricare le vie di Milano) e s'estende per la Valtellina sino in Val Camonica nel Monte Tonale, e di là lungo l'eccelsa catena camonica sino in Val Trompia. Il granito è spesso a tre elementi, felspato, mica e quarzo, come al lago di Mezzola, allo sbocco di Val Masino, a Trevisio presso Ponte ed a Leprese; altrove contiene amfibolo nero e si cangia in una vera sienite, come a Sòrico, in Val Masino, a Ponte, al Tonale, ed in altri luoghi ancora contiene grossi cristalli di felspato bianco e dicesi *serizzo ghian-done*, come, per esempio, poco sopra Chiavenna verso lo Spluga, all'ingresso di Val Masino.

158. **Dintorni del lago di Lugano e Val Gana** (*). — « Poche altre contrade, dice il dottor Lavizzari, presentano allo studioso un campo così interessante qual è il nostro, di guisa che è stato chiamato il *paradiso del geologo* da un dotto svizzero di oltr'alpe. A primo aspetto direbbesi meglio un caos inesplicabile; ma chi per poco lo venga esaminando colla scorta delle osservazioni già fatte dai geologi potrà

(*) Quasi tutte queste notizie sulla Val Gana e sui dintorni del lago di Lugano sono tolte dalle Memorie di De-Buch e di Brunner e da un fascicolo manoscritto inviatomi gentilmente dal dottor Lavizzari di Mendrisio, e che fa parte d'un libro ancora inedito, destinato a servire d'itinerario per geologi che visiteranno il canton Ticino.

coordinare col pensiero la serie delle rocce, singolarmente sconvolte o modificate in forza de' poderosi fenomeni che vi agirono in diverse epoche. La serie delle rocce sedimentarie non trovasi già completa ed intatta in ogni sua località nell'ordine assegnatole dalla natura, ma spesso vi manca l'una o l'altra, e non è che, dopo un'esplorazione fatta sopra differenti punti del suolo che il geologo potrà formarsi un'idea generale della rispettiva loro giacitura, facendo in pari tempo astrazione delle irregolarità od anomalie che tratto tratto può incontrarvi. »

I terreni che si osservano indubbiamente in questo tratto di paese sono: il diluviale, il plioceno, il nummulitico, il cretaceo, il giurese, il triasico, e fors' anche il permiano. Ad avere un'idea di questa serie di terreni giova percorrere il paese in varie direzioni com'ora verremo indicando.

La pianura che sta alle falde dei colli che si stendono fra Como e Varese è, come nel resto di Lombardia, composta di sedimenti orizzontali, di argille inferiormente e superiormente di sabbie e ghiaie, che talora s' elevano a coprire i versanti boreali dei monti d'altri terreni; ed anche qui incontransi copiosi i massi erratici, che variano assai di dimensioni. Tra questi il più voluminoso che sia stato osservato presso Mendrisio dal dottor Lavizzari sta nell'alveo del fiumicello di Mendrisio stesso, al di sotto del ponte della piazza, là dove l'acqua salta in vicinanza d'un mulino, ed è della lunghezza di circa 5 metri. I massi erratici di questo tratto di paese constano di graniti, gneiss, micaschisti, porfido rosso e melafiro: rocce in posto nelle valli che sboccano in quella pianura.

Da questi depositi orizzontali sporgono strati di gomitoli, rialzati verso nord, i quali formano una serie di colline, che dal sud di Stabbio si estendono per Novazzano e Pedrinate sino al Baradello presso Como, e perciò furono anche dette di *conglomerato comense*. Esse possono considerarsi appartenenti al *terreno subapennino*, quantunque finora non vi sian stati trovati fossili. Siffatti colli sono tondeggianti e coperti di ricca vegetazione; i ciottoli che

formano queste gomfoliti sono tutti di rocce cristalline, nessuno di rocce calcaree.

A Chiasso, di fronte al dazio lombardo, ai piedi dei monti di Pedrinato, questa gomfolite posa sopra alcune marne calcaree cineree, le quali poi si appoggiano sopra la calcarea bianca detta *maiolica*, i cui strati sono pressochè verticali; ed a questa finalmente fanno seguito altre calcaree che contengono fossili giuresi e si sollevano sino a formare il Monte Bisbino e il Monte Generoso.

Nell'alveo del fiumicello di Mendrisio, come fra questo paese e Villa di Coldrerio presso Balerna, nell'alveo della Breggia, ecc., osservasi un' *arenaria bigia* o *cinerea*, la quale è sottoposta alla gomfolite. I suoi strati superiori sono più potenti, gli inferiori più sottili; non contiene fossili, si cava come pietra da taglio sotto il nome di *molera*, si sgretola alle intemperie e serve come pietra da arrotino; ma essendo permeabile all'acqua, non è buona da fabbrica. Manca a Chiasso, e potrebbesi forse considerare del *terreno miocenico* o dell'*eocenico*.

Sotto all'*arenaria bigia* trovansi concordanti gli strati di una *marna con impronte di fucoidi*, che si osserva distintamente nell'alveo della Breggia, sotto Castello San Pietro, a Balerna ed a Chiasso. Essa è di frequente contorta e spostata, ora rossa (e potrebbesi a prima vista confondere colla calcarea rossa ammonitifera di cui diremo dopo), ed ora cinerea, grigia o verdastra, e contiene spesso anche numerose dendriti; talvolta si fa bituminosa, come all'imboccatura della valle di Muggio, sotto Castello San Pietro; si accende al fuoco, mandando odore di bitume, e sopra 100 parti ne perde 17; coll'acido nitrico lascia 26 a 28 parti sopra 100 di residuo argilloso. Pei suoi fossili appartiene al *terreno eoceno*, quale lo intendono Murchison e d'Orbigny, che vi ammettono tutte le rocce con fucoidi e nummuliti.

Sotto le marne rosse e cineree con fucoidi, così il Lavizzari come il Brunner, non fanno cenno d'altra roccia fino al marmo maiolica, che noi ammettiamo dell'epoca giurese;

per il che, secondo quei geologi, non vi sarebbe nel distretto di Mendrisio alcun vero rappresentante del terreno cretaceo. Ma l'ingegnere Robiati, in una gita che fece nell'anno 1852 in quei luoghi, trovò una *marna rossa con impronte d'ammoniti*, dell'epoca cretacea, molto affine alle marne cretacee della Brianza e della valle del Giunco presso Bergamo, e che pel suo aspetto e pe' suoi caratteri mineralogici può essere confusa facilmente coll'eocenica. Noi crediamo quindi che esistino nel distretto di Mendrisio delle *marne rosse cretacee*, ma di esse non ci è nota l'estensione e la distribuzione geografica.

A Chiasso, alla gola della valle di Muggio presso Castello, sopra Mendrisio, a Ligornetto, Arzo, Saltrio, ecc., vedonsi le marne rosse appoggiate sopra una calcarea bianca, compatta, detta *marmo maiolica*, che contiene ammoniti di selce piromaco, non ha fossili, dà un'ottima calce, si lavora come marmo e fa vivissima effervescenza cogli acidi. La sua età fu problematica per molto tempo. Quantunque Brunner la consideri del terreno neocomiano, a motivo delle sue analogie col *biancone* del Veneto, pure noi, considerando la sua intima relazione colla calcarea giurese sottoposta ed i fossili giuresi ch'essa contiene, la consideriamo, col Lavizzari, col Balsamo e molti altri geologi, come il membro superiore del terreno giurese.

Il marmo maiolica vedesi sempre appoggiato sopra una calcarea marnosa rossa, talora traente al cinereo e al verdastro, di frattura terrea compatta, con nuclei di pietra focaia rossa, e che, dal contenere un gran numero d'impronte di ammoniti, ebbe il nome di *calcarea rossa ammonitica*. La sua potenza, come quella del maiolica, è dal Lavizzari valutata di cento e più metri; non ha uso speciale nelle arti. Le ammoniti che contiene (*Amm. obtusus, fimbriatus, Buklandi, communis, mucronatus, Raquinianus, Cadomensis, thouarsensis, Calypso, Kridion, planicosta*, ecc.) sono tutte dell'epoca giurese, e quindi non v'ha dubbio che questa calcarea rossa non sia il seguito di quella d'Erba, e possa servire come un orizzonte geognostico assai importante.

Ad Arzo, Saltrio e Tremona questa calcarea si sovrappone ad un'altra che varia dal color rosso al cinereo e al verdastro, è compatta e serve bene come marmo, per il che vien detta comunemente *marmo di Arzo e di Saltrio*. Altrove invece sta immediatamente sopra una *calcarea bigia*, con noduli e straterelli di selce nera o scura. Ascendendo poi da Saltrio, Arzo e Tremona verso il lago di Lugano, e nello spazio triangolare fra Porto e Riva San Vitale, dal nord di Mendrisio sino al Monte Generoso, osservansi i monti formati da questa calcarea bigia e da un'altra che le sta sotto e che, dietro i suoi caratteri più appariscenti, chiameremo *calcarea oscura bituminosa*.

Il *marmo d'Arzo e di Saltrio* contiene parecchi cristalli di spato calcareo, qualche raro nucleo di lignite e buon numero di fossili, tra cui i principali sono (*): *Ammonites obtusus*, *A. fimbriatus*, *Belemnites acutus*, *B. elongatus*, *Cardinia hybrida*, *C. salcata*, *Lima Hermannii*, *Nautilus striatus*, *N. excavatus*, *N. lineatus*, *Pecten textorius*, *Pentacrinites basaltiformis*, *Spirifer rostratus*, *S. Walcottii*, *S. tumidus*, *Terebratula ornithocephala*, *T. tetraedra*, *T. vicinalis*, *T. triplicata*, *T. quadruplicata*, *T. lacunosa*, *Trochus ornatus*, ed alcune vertebre d'ittiosauro, rinvenute e possedute dal prof. Balsamo-Crivelli. Questi fossili provano essere quegli strati di Arzo e Saltrio indubitabilmente dell'epoca liassica.

Nella *calcarea bigia con selci* sono meno frequenti i fossili; talvolta vi sono associati alcuni schisti bituminosi che ardono al fuoco, come al Monte San Giorgio, ad Arogno, ecc. Confricati due pezzi di questa calcarea, danno un odor fetido che direbbesi analogo alle esalazioni sulfuree. Le acque filtrano per le sue fessure e danno buone sorgenti, ma non producono mai cascate permanenti. Al Monte Generoso questa calcarea contiene alcuni fossili spiriferi, delle terebratule e dei pentacriniti, ed al suo piede si ap-

(*) Questi fossili, come le ammoniti succitate, sono tolti dal catalogo inviatomi dal dottor Lavizzari.

poggia direttamente sul porfido, senza aver subita alcuna alterazione.

La *calcareia oscura bituminosa* è più oscura e ancor più bituminosa della precedente, ed è la continuazione della roccia che a Moltrasio contiene le ammoniti famose per le loro dimensioni gigantesche.

La parte inferiore di questa calcarea è spesso tramutata in *dolomia*, la quale è per lo più di color bianchiccio-sporco, più o meno cristallina, talora con romboedri limpidi di dolomite, ma con fossili rarissimi e difficilmente determinabili. Contiene qua e là degli ammassi e talora degli strati di gesso cinereo o bianco al par della neve, e saccaroide, per esempio, fra Tremona e Meride. Essa forma specialmente il Monte San Giorgio (nello spazio triangolare fra il lago, Porto e Capolago), il Monte San Salvatore (fra Melide e Lugano), il promontorio della Torrazza presso Ponte Tresa, e qualche burrone anche presso Stabbio, Tremona ed Arzo. Vicinissimo a Riva San Vitale, nell'alveo d'un valloncetto, il dottor Lavizzari ha trovato, tra i frammenti di dolomia bianchiccia caduti dall'alto, due fossili, la *Myophoria* o *Trigonia vulgaris* e la *Chemnitzia scalata*, caratteristici del *muschelkalk*; ed alle falde del Monte San Salvatore ha rinvenuto un modello d'altro fossile, simile all'*Avicula socialis*, che Brunner chiamò *Avicula salvata*. Per il che questa dolomia, o almeno la sua parte inferiore, potrà ritenersi per *triassica* e rappresentante del vero *muschelkalk*. È per ciò che noi abbiamo distinto col colore di questa formazione la dolomia del Monte San Salvatore e del Monte San Giorgio sulla carta geologica annessa a questo libro.

A tutte le rocce finora descritte sta sotto un'arenaria rossa, che talora diventa un vero conglomerato, e che è chiaramente il seguito di quella che trovasi al nord di Gaeta sul lago di Como e nella Val Sassina. Osservasi più distintamente sopra Riva San Vitale, dove racchiude vene e nuclei di baritina, lungo la strada cantonale da Lugano a Melide alle falde del Monte San Salvatore, ove si trova

della potenza complessiva di 80 metri, a Campione, fra Meride e Porto, ecc. È lavorata come pietra da taglio e serve anche a levigare i marmi. Contiene talora interposti alcuni straterelli di argilla rossastra e di dolomia. Se l'analisi di questa roccia con quella della Val Sassina e della Val Brembana basta già a farcela considerare del *terreno permiano*, l'esservi intercalati quegli strati di dolomia ci fa supporre che, con un esame più accurato, si potrà forse trovare una differenza fra l'arenaria superiore alla dolomia interposta e l'inferiore, e quindi si arriverà probabilmente a distinguere un'arenaria rossa superiore, rappresentante del *buntersandstein*, ed una inferiore, del *terreno permiano*.

Tutte queste rocce sedimentarie sono attraversate da parecchie emersioni di *porfido quarzifero* (una sopra Melide, tre fra Bissonne e Capolago), di *melafiro* o *porfido pirossenico* (a Melide, fra Carona e il Monte San Salvatore, da Campione a Capolago, lungo la sponda del lago da Riva San Vitale a Porto e presso Morcote) e di *granito* (da Carona a Morcote e da Brusimpiano sino allo sbocco della valle di Cuasso); le quali sollevarono qua e là e sostengono alcuni lembi più meridionali dei gneiss e micaschisti, che formano i monti all'ovest ed al nord del San Salvatore, presso Lugano, e da Agno a Ponte Tresa. Finora non si è ancora osservato, dice il Brunner, qualche disposizione nelle rocce emersorie, dalla quale si possa dedurre quale sia la roccia più antica, se il porfido rosso od il melafiro. Fra Porto e Brusinarsizio il melafiro forma nel micaschisto ora un gran numero di filoni o ammassi dello spessore da 20 a 400 piedi, ed ora delle false stratificazioni: di più esso cangia talmente di struttura e d'aspetto che bene spesso non riesce più riconoscibile e non è più possibile distinguerlo dalle altre rocce; sì che il Brunner conchiude dicendo che una gita a questa località lascia la più profonda impressione dell'impossibilità di separare le diverse rocce emersorie di questo paese, avuto riguardo alla parte che ciascuna di loro ha presa ai grandi fenomeni geologici.

Meno intricata, ma pur importante è la costituzione geologica della Val Gana. Salendo da Varese ad Induno (*), trovansi al ponte sull'Olonza un deposito d'*argilla azzurrognola* con fossili pliocenici, quali sono l'*Arca antiquata*, il *Pecten pleuronectes*, la *Nerita canrena*, la *Pinna tetragona*, ecc. Ad Induno sporgono degli strati rialzati verso NO di *marne cenerognole bianche con fucoidi*, sovrapposte ad altri cenerognoli e rossi che sembrano *cretacei*, ma non sappiamo se sianvi stati trovati fossili caratteristici; e tutti si appoggiano, senza l'intermezzo del marmo *maiolica*, sopra la *calcareo rossa ammonitifera*, che contiene ammoniti eguali a quelli d'Erba e del distretto di Mendrisio.

Salendo ancora verso Frascarolo, trovansi altri strati, sollevati verso NO, di calcaree cristalline, oolitiche, bigie e bituminose con selci, questi ultimi inferiori ai primi; e lì vicino osservasi il grosso masso erratico di melafiro rappresentato nella figura-39.

Dopo Frascarolo seguono altre calcaree cenerine, dolomiche; e discendendo verso Gana, queste ultime vedonsi sovrapposte ad alcuni strati di arenaria quarzosa, alternanti con straterelli calcarei; e finalmente, sotto a tutti, si trovano gli strati di arenaria rossa con cemento qua e là steatitoso, eguale a quella dei laghi di Como e di Lugano.

I monti a destra continuano poi per lungo tratto formati di dolomia, mentre a sinistra vedonsi di granito rosso; e da Gana a Ghirla tutti i monti sono di granito. Di là a Cunardo incontransi alcuni strati calcarei contorti, rialzati dapprima verso Gana, poi verso il NO, dove si vede un'estesa emersione di porfido nero, sulla quale sta Fabiasco, e che sostiene un lembo di dolomia. Scendendo da Fabiasco a Marchirolo, od a Viconago, od a Grantola, incontransi sempre i gneiss e micaschisti, che sembrano fare un mantello all'emersione melafirica.

Ritornando da Ghirla a Brincio e di là sino a Varese, vedesi sempre il granito sin sotto alla Madonna del Monte,

(*) Veggasi anche la *Relazione della gita geologica degli scienziati italiani nei dintorni di Varese*, negli Atti del congresso di Milano.

il quale è composto di rocce calcaree e dolomiche; ma presso Brincio ed al nord di esso incontransi due piccole emersioni di melafiro, che attraversano il granito rosso.

Ci sembra potersi ritenere d'epoca giurese la dolomia sopra Frascarolo, e crediamo che l'arenaria che contiene straterelli calcarei nella discesa verso Gana rappresenti il terreno del trias, e che l'arenaria rossa con cemento steatitico, eguale a quella di Val Brembana e di Val Sassina, sia il vero rappresentante del terreno permiano. Aspettiamo che nuove ricerche confermino questa nostra opinione, che è in tutto eguale a quella già da qualche anno adottata dal professor Balsamo, dietro le sue recenti osservazioni fatte in quei paesi (*).

Le calcaree giuresi formano poi tutta la Val Cuvia e le sponde del Lago Maggiore sin a Bédéro, dove troviamo vera l'asserzione del professor Balsamo, dell'esistenza d'un piccolo lembo d'arenaria rossa permiana; ultima estremità della gran zona di arenaria rossa che dal lago di Lugano si estende sin nel Tirolo e nelle Alpi orientali.

Discendendo dal Monte Campo dei Fiori verso Gavirate, incontrasi il marmo maiolica sovrapposto alla calcarea rossa ammonitifera che forma i fianchi del monte; poi le colline all'ovest del lago di Varese, formate alcune di marne con fucoidi, altre di arenarie e brecciole con nummuliti; mentre a Morosolo, fra Gavirate e Varese, le marne con fucoidi sono sì abbondanti che pochi momenti bastano a farvi raccolta di una bella quantità di fucoidi benissimo conservate (**).

(*) Questa opinione viene confermata anche dagli avanzi di rettili che l'ingegnere Roblatti (in compagnia del signor Riva, studente di matematica) ed i signori Riva-Palazzi e Paganini hanno trovati nello scorso autunno (1853) in una calcarea nera presso Besano, e che il dottor Cornalia riconobbe eguali ad uno di proprietà della famiglia Borromeo, che appartiene al gruppo dei *simosauri*, proprio dei terreni triasici. Riescirà interessante la Memoria che il dottor Cornalia stesso sta preparando su questi rettili, che egli riferisce ad un genere nuovo, da lui chiamato *Pachipleura*, per alludere alle *grosse coste* di cui sono forniti.

(**) Erano già stampati i fogli precedenti quando, per la gentilezza dei fratelli Villa, venni a conoscere una recente Memoria di Escher de la

159. Alpi piemontesi e della Savoia. — Se ora passiamo al Ticino e lasciamo alle spalle le Alpi lombarde, che abbiamo descritte assai dettagliatamente a fine di mostrare in modo più chiaro quali fatti ci guidarono nella classificazione dei loro terreni, incontriamo ancora, nelle Alpi del Piemonte e della Savoia, gli stessi terreni che esaminammo nel Veneto e nella Lombardia; ma la loro ricognizione vi è assai più difficile, a motivo delle frequentissime emersioni di rocce ignee che ruppero, sollevarono, sconvolsero e metamorfosarono le sedimentarie; per il che, ad onta degli

Linth sul Vorarlberg e su alcune contrade limitrofe (*Geologische Bemerkungen über das nördliche Vorarlberg und einige angrenzenden Gegenden*, 1853), della quale voglio far qui una breve menzione, perchè vi si contengono molte notizie interessanti sulla struttura geologica delle Alpi lombarde.

Nella descrizione delle rocce del Vorarlberg, con cui l'autore comincia il suo scritto, ammette le rocce con fucoidi (*Aysch* dei geologi tedeschi) e quelle con nummuliti nel terreno eocene, e considera alcune calcaree schistose, immediatamente sottoposte alle rocce liassiche ammonitifere e assai ricche di fossili (bactrillili, spiriferi, pettini, gervillie, avicole, ecc.), e che chiama *gruppo di San Cassiano*, come la parte più inferiore del terreno liassico, o forse meglio come una formazione intermedia fra il terreno giurese ed il triasico. Sotto questo gruppo seguono, dall'alto al basso: una dolomia, alcuni strati coll'*halobia lamellii*, altri con numerose impronte di vegetali, una calcarea conchigliifera con trigonie ed encrii, e finalmente un'arenaria rossa analoga a quella che abbiamo trovato rappresentare in Lombardia il terreno permiano inferiore e che l'autore distingue col nome di *verrucano*, che fu dato a quella roccia dai Toscani. Dopo aver descritte le rocce ed esposte la loro distribuzione nel Vorarlberg, il nostro autore passa a trattare particolarmente del trias di Lombardia.

In questa seconda parte della Memoria, descrive dapprima le varie rocce cristalline che ha osservate nel 1853 passando dalla valle di Puschiavo nella Valtellina e di là nella valle di Mezzoldo pel passo di Lemma, che dice meno alto e meno selvaggio di quelli della Venina o di Coeca, che conducono anch'essi dalla Valtellina nella Val Brembana, e più adatto a godervi di una brillante vista della Valtellina quando si abbia la fortuna di passarvi col bel tempo. Passa in seguito a descrivere le rocce triasiche del lago di Como e delle Valli Brembana, Seriana e Trompia, ed in questa descrizione è sempre esatto, minuzioso e interessante quando parla delle successioni, delle sovrapposizioni e dei caratteri mineralogici delle rocce; delle località più ricche di fossili, ed in generale i fatti da lui accennati, quando vengano bene interpretati e collegati

studii fattivi da distintissimi geologi, quali sono Saussure, Beaumont, Studer, Fournet, Pareto, Collegno, i fratelli Sismonda, ecc., v'hanno ancora alcuni argomenti sui quali non si può portare un giudizio ben certo. Con alcuni esempi però mostreremo come in generale, anche in mezzo a un tal disordine, si possano trovare basi sufficienti per la classificazione dei terreni sedimentarii delle Alpi piemontesi.

Attraversati i monti di porfido quarzifero che si stendono da Borgomanero a Miasino, s'incontra una serie di strati calcarei che corrispondono a quelli della sponda

cogli altri già noti, comprovano quasi tutti la classificazione delle rocce di Lombardia quale la esposi in questo libro: però v'hanno parecchie inesattezze nell'esposizione di alcuni fatti, e la cattiva interpretazione di altri fatti diedero origine a qualche opinione che io credo lontana dal vero.

Parlando della Valle di Mezzoldo infatti, dopo aver emessa la stessa opinione del professor Balsamo sugli schisti nerl inferiori all'arenaria rossa, cioè dopo aver detto che quegli schisti devono considerare della stessa epoca (forse del carbon fossile) che gli schisti di Darzo in Val Camonica e di Caffaro al nord di Bagolino, e dopo aver osservato giustamente che dall'aspetto talora porfirico dell'arenaria rossa venne indotto lo Studer a segnare in quella valle un'emersione di porfido felspatico, nota che nelle calcaree sovrapposte all'arenaria rossa si trovò qualche avanzo di trigonie, e che siffatte calcaree (da noi considerate come permiane) devono quindi ritenere come rappresentanti del trias, insieme alle rocce variegate che vi stanno sopra da Piazza a San Giovanni Bianco.

Quando fu appresso, descrivendo la serie delle rocce che s'incontrano fra Sant'Abbondio e Menaggio sul lago di Como e fra Menaggio e Porlezza, accenna essersi trovate in alcune calcaree presso la Madonna della Pace poche impronte indeterminabili di piante, ed osserva che le rocce calcaree vicino al gesso e verso il Sasso Rancio somigliano a quelli di Val Trompia in cui si trovarono encriniti; che nelle calcaree sulla strada da Menaggio a Porlezza si trovarono alcune gervillie; che presso Bene v'hanno alcuni strati schistosi analoghi, per la natura mineralogica e per i fossili, a quelli del suo gruppo di San Cassiano, e che questi strati schistosi formano una zona dal lago di Lugano a Menaggio, e ricompaiono sul lago di Como fra Tremezzo e Colonno, quel distinto geologo conferma l'opinione esposta nelle pagine precedenti sulla classificazione geologica delle rocce di quel tratto di paese; ma d'altra parte s'inganna ancora quando considera come triasica la dolomia del Sasso Rancio, che dietro gli argomenti discussi in quelle pagine dev'essere ritenuta del terreno permiano.

Nella descrizione del dintorni di Bellaggio e della Val Sassina l'autore sembra molto incerto riguardo alle relazioni stratigrafiche ed alla classificazione geologica delle rocce. Egli infatti crede superiori alla dolomia

orientale del Lago Maggiore e sono quindi giuresi; poco dopo, da Omegna a Baveno ed a Montorfano, si trova il suolo di granito, e al di là subito le rocce cristalline, mica-schisti, gneiss e quarziti, che formano anche le Isole Borromee e sono la continuazione di quelle della sponda orientale del Lago Maggiore, al nord di Luino. Salendo poi verso il Sempione incontransi sempre le stesse rocce cristalline, con intercalate qua e là delle masse di calcaree saccaroidi, come a Vogogna, Crevola, ecc. Le stesse rocce si trovano ancora discendendo a Brigg, ma sempre sconvolte e ripie-

di Bellaggio e delle falde del Monte San Primo gli schisti fossiliferi di Guggiate, che s'incontrano anche a Civenna, e che egli ritiene del suo gruppo di San Cassiano, mentre noi abbiamo veduto doversi ritenere inferiori: ed osservando in appresso che la dolomia della Grigna, da lui cretata triasica, sembra un seguito di quella del Resegone, che è superiore agli schisti fossiliferi fiasci di Val Imagna, emette il dubbio che v'abbiano due dolomie distinte e d'epoche assai differenti. Rimarca poi che una conchiglia assai simile alla *halobia Lomellii*, di cui dà la figura, fu trovata presso Regoledo, insieme a qualche altro fossile che al passo della Gambacocchia accompagna le trigonie triasiche. Considera come analoghi a quelli del trias i rettili ed i pesci di Perledo e del Monte San Defendente presso l'Alpe di Guello, che noi riteniamo giuresi. Crede che giacciano insieme presso Esino i fossili della Val Pellaggia sotto il Monte Croce e le alobie che furono raccolte in altre località lì vicine, ma in istrati differenti; e ritiene la dolomia dei monti fra la Val Sassina e il lago di Como inferiore agli schisti fossiliferi, mentre le ricerche esposte nelle pagine precedenti provano che è ad essi superiore. Annunzia aver trovato inaspettatamente, nelle marne colorite che vidde discendendo dal passo di Guello in Val Sassina, un fossile di cui dà la figura, e che s'incontra nel trias della Val Brembana, ed accenna l'esistenza di rocce analoghe e triasiche anche sotto Esino, a Concenedo ed in Val Neria sopra Mandello. E finalmente descrive la serie delle rocce che s'incontrano andando dalla Val Sassina a Regoledo, e tra le quali si distinguono specialmente: un'arenaria rossa, analoga a quella di Val Brembana, uno schisto argilloso simile a quello che in Val Trompia i minatori distinguono col nome di *servino*, alcune rocce dolomiche cavernose, alcune arenarie con avanzi della *voltzia heterophylla* e di altre piante del *buntersandstein*, una calcarea nerastra con crinoidi, un'altra calcarea coll'*halobia Lomellii*, e finalmente la calcarea silicifera giurese. Da tutto ciò quel distinto geologo deduce che al trias inferiore appartengono le calcaree silicifere con terebratule, lime, ecc., del Monte Galbiga, della sponda occidentale del lago di Como e del Resegone; al suo gruppo di San Cassiano gli schisti fossiliferi di Bene, della Madonna del Soccorso, di Guggiate, Civenna,

gate in diverse direzioni. Queste rocce calcaree saccaroidi, da molti ritenute per primitive, sono dal cavaliere Sismonda considerate come rocce sedimentarie, d'epoca giurese o triasica, alterate dalle emersorie; ma questa opinione, per quanto sappiamo, è fondata soltanto sulle analogie con altre calcaree cristalline di cui diremo fra poco.

Le colline di Bocca, Grignasco, Borgo-Sesia, Crevacuore, Masserano e Cossato, formate di ghiaia, ciottoli, sabbie e argille dell'epoca subapennina, sono rialzate intorno ad un'emersione di porfido quarzifero, che occupa lo spazio

Val Neria, Val Imagna, ecc., e fors' anche le rocce con rettili e pesci di Perledo; al *trias superiore* la dolomia di Noblallo, della penisola di Bellaggio, del monti tra la Val Sassina e il lago di Lecco, le rocce con natiche, turritelle ed alobie di Esino, e quelle con alobie di Regoledo; al *muschelkalk* le dolomie con crinoidi, gervillie, trigonie, ecc., del Sasso Rancio, di Val Neria, val d' Esino, Cortenova, Regoledo, Olmo in Val Brembana, ecc.; e finalmente al *buntersandstein* le rocce variegiate presso Regoledo, che si appoggiano sullo schisto argilloso e sull'arenaria rossa. Questa classificazione geologica delle rocce del lago di Como è in parte vera e in parte erronea, perchè l'autore non ha saputo ben trovare tutte le relazioni stratigrafiche che ho esposte abbastanza in dettaglio nel testo; e pecca specialmente nel ritenere triasica tanto la dolomia giurese della Val Sassina e di Bellaggio, quanto quella permiana che si vede sotto gli schisti fossiliferi nella valle di Guggiate e sotto al gesso al Sasso Rancio, e nel non aver ben distinte le varie rocce che nella Val d'Esino, nella Val Sassina e fra Belfano e Varenna rappresentano in piccolo tutte tre le parti del terreno triasico. Osserverò infine che le stesse indicazioni date da Escher de la Liuth sui fossili e sulle rocce di Regoledo, di Esino, di Val Neria, ecc., quando vengano bene interpretate, confermano sempre più la classificazione geologica esposta nel testo.

La stessa esattezza nelle indicazioni delle località ricche di fossili, tanto del gruppo di San Cassiano quanto delle formazioni triasiche, e gli stessi errori nella classificazione delle rocce trovansi nella descrizione che quel geologo ci dà delle Valli Brembana e Seriana. Non potendo dare un giudizio di quella della Val Trompia, che chiude la descrizione del trias lombardo nella Memoria di Escher de la Liuth, perchè non ho peranco percorsa quella valle, chiederò questa lunga nota coll'osservare che quella Memoria, interessantissima e pregevole per l'esattezza delle indicazioni, per i fossili triasici del nostro paese che sono rappresentati nelle tavole di cui è ornata, riesci pur troppo inesatta nelle sue conclusioni stratigrafiche, e può quasi servir d'esempio del come anche i più distinti geologi non possono giungere alla perfetta conoscenza d'un paese quando lo percorrono con troppa fretta e non lo esaminano tutto colla dovuta minuziosa attenzione.

compreso fra quei villaggi. Da-Borgo Sesia, nella valle dello stesso nome, sin a Bocconia, sopra Scopa, il suolo è di granito, ed al di là di calcaree e dolomie. Altri piccoli lembi di terreno subapennino incontransi a Castellamonte ed in altri luoghi al nord del Po; ma quasi tutti gli sbocchi delle valli che immettono nella grande vallata di questo fiume sono ingombri di emersioni di rocce ignee, come di dioriti a Biella ed Ivrea, di sienite fra Piè di Cavallo e poco sopra Biella, di serpentina fra Lanzo, Viù e Almese presso Torino, di granito sopra Vico, all'origine della valle dell'Orco, ecc. Tali rocce emersorie sono dal Sismonda classificate in due gruppi, quello cioè del granito e del protogino, e quello delle serpentine, delle dioriti e delle sieniti, che spesso passano insensibilmente le une nelle altre. Anche nell'alto delle valli trovansi emersioni di rocce ignee, ma poche od assai ristrette, come per esempio una di serpentina in alto della valle della Dora Baltea al sud del Monte Rosa, molte piccole della stessa roccia nella valle medesima fra Aosta e Donnaz, molte altre piccole, ed anch'esse di serpentina, in una zona fra il Monte Cenisio e il Monte Viso; ma il restante delle Alpi piemontesi è formato da rocce stratificate, metamorfiche o no, sulle quali specialmente, come su quelle che coprono i due versanti della catena granitica e protoginica che partendo dal monte Bianco attraversa la Savoia, passando per Beaufort, Albertville, Aiguebelle, la Chambre, per entrare in Francia, si aggirano le osservazioni e gli studii del cavalier Sismonda.

Ad avere un'idea di queste rocce sedimentarie antiche delle Alpi piemontesi giova percorrere la zona di paese in cui sono Albertville, Moutiers, San Giovanni di Morienna, il Monte Cenisio e Susa sino a Torino, ed è in questa direzione appunto lo spaccato teorico (riprodotto nella nostra Tavola II) che ci offre il Sismonda, per dimostrare la relazione delle varie rocce fra loro.

Ascendendo da Albertville verso Moutiers s'incontrano alcuni *gneiss* e *micaschisti* sollevati dapprima verso SE e poi verso NO, ai due lati dell'emersione granitica e protogi-

nica che forma la zona che s'innalza sino al monte Bianco. I gneiss e i micaschisti vengono dal Sismonda distinti in tre gruppi, cioè in gneiss primitivi, gneiss plutonici od emersorii e gneiss metamorfici, ai quali egli assegna dei caratteri distintivi speciali. Nel *gneiss plutonico*, dic' egli, i piani apparenti di stratificazione, quando esistono, sono fessure di clivaggio più che altro, e tagliano spesso i cristalli di feldspato (sopra Varallo, ecc.); nel *gneiss* e nel *micaschisto primitivi*, i componenti sono di mediocre grandezza, e il solo feldspato è talora in cristalli grossi ma non mai tagliati dai piani di stratificazione; e nel *gneiss metamorfico*, che si trova quasi in ogni terreno secondario e alterna con altre rocce non cristalline, il quarzo ed il feldspato sono finamente granosi. Però queste tre specie di gneiss e micaschisti passano assai facilmente l'una nell'altra, e specialmente le prime due, per cui talora non è sì facile distinguere se un gneiss sia plutonico o primitivo.

Progredendo verso Moutiers, si trovano dei conglomerati, talora con grossi ciottoli di rocce primitive o metamorfiche, i quali s'inclinano verso SE, come i gneiss sui quali si appoggiano, e non contengono fossili. Presso Moutiers, o meglio al vicino villaggio di Petit-Cœur, situato sulla sponda destra del fiume, vedesi un ruscello scorrere in una gola scavata in alcuni steaschisti che alternano col conglomerato predetto, e che si vedono poi, all'oriente di siffatta gola, palesemente ricoperti dagli strati famosi pel contenere nello stesso tempo belemniti giuresi e piante dell'epoca carbonifera. La parte superiore degli steaschisti vien lavorata e serve, sotto il nome d'*ardesia bianca*, a far lastre per coprire le capanne, e concorda perfettamente cogli strati fissili calcarei che vi sono sovrapposti, contengono le belemniti e son noti sotto il nome di *ardesia nera*. Questi poi alternano superiormente con altri strati d'arenaria e di steaschisti contenenti piccoli straterelli di antracite; ed è sulle pareti oscure dello steaschisto toccanti l'antracite che spiccano le impronte bianche e brillanti dei vegetali dell'epoca carbonifera. A questi strati con fossili sono so-

vrapposti altri di calcaree bigie, di brecce calcaree cristalline, ecc., che alterandosi diedero origine a grandi masse di anidrite, la quale poi, alterata di nuovo per le azioni atmosferiche, produsse il gesso, così abbondante in tutta la Tarentasia e nella valle della Morienna. Questi strati contengono al Colle des Encombres (situato fra Moutiers e la Chambre) dei fossili dell'epoca liassica superiore. Finalmente, ascendendo sui monti che dividono la Tarentasia dalla Morienna, incontransi sovrapposti alle rocce già descritte molti strati di conglomerati, di psammiti, di arenarie e di calcaree schistose, abbondanti di antracite, che formano la cima di quei monti. Volendo classificare tutti questi depositi sedimentarii, il Sismonda si appoggiò ora sui caratteri paleontologici ed ora sugli stratigrafici e mineralogici, e con ciò giunse a risultati che gli sembrano soddisfacentissimi. Gli strati con antracite (che egli distingue col nome di *terreno antracitico superiore*) rappresentano per lui il gruppo oxfordiano; i calcarei con anidrite e gesso (*parte superiore del terreno antracitoso inferiore*) il lias superiore; gli schisti con belemniti di Petit-Cœur (*parte inferiore del terreno antracitoso inferiore*) il lias inferiore; egli poi chiama *infraliassici* i conglomerati e gli schisti sottoposti a quelli con belemniti; e finalmente suppone che i gneiss metamorfici rappresentino uno o parecchi terreni più antichi del carbonifero.

La determinazione dei due gruppi superiori fu facile pei fossili e per le loro relazioni stratigrafiche, ma quella degli ultimi tre fu soggetta a controversie. Trovando infatti a Petit-Cœur alcuni fossili (le belemniti), che non s'incontrano mai in terreni più antichi del lias, insieme a vegetali dell'epoca carbonifera (e tali sono in realtà le impronte che si vedono a Petit-Cœur), i geologi rimasero non poco impacciati; giacchè o qui v'è una grande eccezione alla legge che ogni terreno ha i suoi fossili particolari, o gli strati con vegetali e quelli con belemniti non sono paralleli e della stessa epoca, ma sembran tali soltanto per effetto di qualche contorsione, di un rovesciamento o di qualche altro accidente

nella stratificazione. Perciò si fece di tutto per ispiegare quell'apparenza coll'immaginare ripiegamenti e contorsioni; ma tutti i geologi che visitarono quel luogo, dice il Murchison, ne ritornarono persuasi che gli uni e gli altri strati sono fra loro collegati e d'una stessa epoca, e che colà si trova una grande anomalia nella distribuzione dei fossili. Le osservazioni fatte in altri luoghi provano non essere impossibile che le stesse specie e gli stessi vegetali s'incontrino in terreni differenti: così, per esempio, il *calamites arenarius* si rinviene nel terreno carbonifero, nel permiano e in tutto il trias; l'*equisetum columnare* è comune sì nell'oolite giurese d'Inghilterra come nel trias della Germania. D'altra parte è di molta importanza il fatto che non si trovarono mai belemniti in alcun terreno più antico del lias. Dietro queste considerazioni Elia de Beaumont pel primo, e in appresso quasi tutti gli altri geologi (fra i quali anche l'illustre Murchison, che prima di visitare la Tarentasia opinava per l'esistenza di ripiegamenti e di contorsioni) considerano gli schisti di Petit-Cœur come liassici inferiori, fondandosi sull'esistenza delle belemniti, e tenendo conto di quella dei vegetali carboniferi come d'uno dei tanti casi eccezionali che si osservano in geologia. In quanto ai conglomerati ed agli schisti che stanno sotto agli schisti liassici, il Sismonda li chiama infraliassici, non credendo ancora opportuno distinguervi, con Fournet, due gruppi, l'uno rappresentante il terreno triassico, l'altro il carbonifero. Il Sismonda suppone infine che il gneiss metamorfico rappresenti uno o più terrenj anteriori all'epoca carbonifera, perchè egli trova poter dedurre, da certe dislocazioni degli strati, che durante quell'epoca eravi colà una lunga isola sulla quale non poteva formarsi il terreno carbonifero.

La serie di terreni che abbiamo descritti esiste tutta in Savoia; discendendo in Piemonte, il Sismonda trova di poter riscontrarne una equivalente, quantunque assai modificata per l'azione delle rocce emersorie. Noi non possiamo seguirlo in tutti i dettagli relativi a questo studio

- dei terreni delle Alpi piemontesi, ma accenneremo solo le cose più importanti e generali.

Scendendo dai monti fra la Tarentasia e la Morienna, s'incontrano le calcaree oxfordiane, poi, sotto ad esse, le rocce calcaree del lias superiore sin al letto del fiume Arco. Di là salendo al Monte Cenisio e discendendo sin a Torino, si vedono tutti i gruppi, dal giurese superiore all'infraliassico, sovrapposti gli uni agli altri, e in generale rialzati verso SE, per l'azione delle rocce serpentinosi dei monti presso Torino. Il Monte Ambin presso il Cenisio consta superiormente di varie calcaree, ora cristalline ed ora compatte, bigie più o meno scure, con arnioni selciosi, alcuni zoofiti ed altri fossili non determinabili, che il Sismonda riferisce al terreno liassico superiore, al gruppo oxfordiano e fors'anche alla parte inferiore del terreno cretaceo. Discendendo nella valle della Dora Riparia, s'incontrano dapprima gli strati del terreno antracitoso superiore, cioè alcune rocce detritiche, talora con impronte di fusti e di foglie diverse da quelle di Petit-Cœur; poi, sin verso Susa, vedonsi alcuni grossi ammassi di calcarea, spesso tramutata in gesso, che forma la parte superiore del terreno antracitoso inferiore, ed è simile a quella che nel Colle delle Encombres contiene fossili del lias. Da Susa sin dopo Bussoleno vedonsi ora gli strati suddetti calcarei ed ora pochi altri di schisti argillosi e di calcaree schistose, che contengono spesso della grafite e rappresentano probabilmente la parte inferiore del terreno antracitoso inferiore della Savoia, cioè quella che a Petit-Cœur contiene le belemniti. A questi strati sottostanno altri di gneiss talcosi, steaschisti ed altre rocce metamorfiche, le quali, secondo Sismonda, sono forse provenienti dall'alterazione di parte del terreno liassico inferiore. Queste rocce metamorfiche cessano fra Condove ed Almese, dove sono sollevate da un'emersione di serpentina che forma i monti da Almese sin quasi a Pianezza. La qual roccia ignea incontrasi però anche fra Susa e Bussoleno in un'emersione che attraversa i depositi sedimentarii liassici. Presso Pianezza, ad Avigliana e Ri-

voli, villaggi posti allq sbocco della valle della Dora Riparia, colloca il Sismonda altre piccole emersioni di serpentina che sporgono dal terreno diluviale; ma il Gastaldi prova in un'apposita Memoria (*) che quelle non sono emersioni, ma soltanto massi erratici o trovanti, alcuni di serpentina, altri d'altre rocce diverse. Questo geologo poi cerca provare con molti argomenti contro l'opinione del Sismonda, che le colline, le quali formano una zona passante per Ivrea, Pianezza e Rivoli, all'ovest di Torino, ecc., devonsi, dietro la loro forma, la composizione loro e quella del terreno diluviale, ritenere come le morene di antichi ghiacciai molti estesi.

La stessa successione di rocce e di terreni che vedemmo nel tratto di paese fra Albertville e Torino ci afferma il Sismonda aver trovato anche in tutte le altre valli delle Alpi piemontesi dal lago Maggiore al Monte Bianco e di là fin nella contea di Nizza; ma in quest'ultima vi si vedono sovrapposti altri terreni bene sviluppati, come il neocomiano, il cretaceo inferiore, il nummulitico, il miocenico e il pliocenico, che hanno poca o nessuna estensione nelle altre valli alla sinistra del Po.

Sarebbe stato interessante il discendere a qualche dettaglio sulla costituzione geologica della contea di Nizza; ma, per la brevità prefissaci, siamo costretti ad accennare soltanto che il massiccio delle Alpi marittime, dal confine di Francia sin presso il colle di Tenda, consta di gneiss e micascisti, con qualche emersione granitica; che su di essi si appoggiano, tanto sul versante boreale che sull'australe, gli strati giuresi (alcuni dei quali metamorfosati) i quali poi sostengono tutti gli altri strati d'epoca più recente; in modo che, andando da Cuneo a Nizza, incontrasi il terreno giurese emergere dal terreno diluviale a Roccavione, continuare sin al colle di Tenda (ove trovasi a destra il terreno giurese ed a sinistra il nummulitico), e di là sin quasi a Sospello, scendendo dal qual paese sino a Nizza si passa dapprima sul terreno neocomiano, e poi ora sul cretaceo

(*) *Appunti sulla geologia del Piemonte*, Torino, 1853.

inferiore ed ora sul nummulitico. La parte inferiore della valle del Varo è di terreno subapennino, e sullo stesso terreno siede Mondovì, mentre che il Tanaro scorre lì vicino sul terreno miocenico. In tutto questo paese non v'hanno altre emersioni di rocce ignee fuorchè una di granito ed una di serpentina nel centro delle Alpi marittime, un'altra di serpentina presso Demonte nella valle della Stura, e due altre ancora, della stessa roccia, al sud del monte Viso.

160. Liguria. — Quando il geologo abbandona le Alpi e si avvia verso gli Apennini, dirigendosi da Torino alla volta di Genova, ritrova una serie assai interessante di terreni qua e là benissimo sviluppati, egregiamente descritti in ispecial modo dal marchese Pareto.

Salendo dalla valle del Po a Gassino osservasi una serie di marne micacee e di molasse, le quali seguitano poi, con varia inclinazione verso S e SSE, alternandosi con alcune calcaree concrezionarie e nummulitiche, ricche di altri fossili eocenici (*ostrea gigantea*, ecc.) ed assai analoghe a quelle fra Asolo e Possagno nel Vicentino. Esse formano una zona che va da Gassino a Verrua e fin quasi a Casale. Prima di Bardassan compare un gruppo di conglomerati, marne ed arenarie simili a quelle di Superga, che sono indubbiamente del terreno miocenico, e si estendono anche in una zona verso Casale e poi nel Tortonese e nel Vogherese. Discendendo per Castel Montalto verso Chieri gli strati superiori miocenici si vedono passare a poco a poco ad una serie di sabbie, marne ed arenarie, tutte in istrati inclinati verso mezzodì e ricche di fossili decisamente pliocenici misti ad altri miocenici; e finalmente tutti questi strati sono ricoperti da altre marne, da schisti argillosi o da calcaree marnose, e per ultimo da alcune sabbie gialle alternanti con altre marne, che si estendono poi a formare gran parte del suolo dell'Astigiano e sono assai ricche di conchiglie fossili del periodo subapennino. Percorrendo in appresso le colline subapennine nella direzione di Novi e Genova, s'incontrano di nuovo le rocce mioceniche sottoposte alle plioceniche, fra Gavi e Castel

Arquato, mentre presso Ronco compaiono alcuni depositi di arenarie (macigno, ed alberese), che appartengono al terreno nummulitico.

Il terreno subapennino dell'Astigiano appare diviso in due gruppi: l'uno inferiore, di marne e sabbie, con fossili marini, e che si estende anche a Valenza, Tortona, ecc.; l'altro superiore, formato di sabbie, ghiaie e argille, con conchiglie d'acqua dolce, e che a Dusino, Ferrere, ecc., contiene abbondanti avanzi di mammiferi pachidermi e specialmente di proboscidi, come di elefanti e mastodonti, fra i quali è da annoverarsi il magnifico scheletro quasi completo di *mastodonte angustidense*, scoperto presso Dusino negli scavi per la strada ferrata da Torino ad Alessandria ed illustrato dal professore Sismonda in apposita Memoria. Questa parte superiore del terreno pliocenico forma quasi un passaggio fra i terreni terziarii e il diluviale; ma non è il solo sedimento d'acqua dolce che si trovi nei terreni di Piemonte, giacchè altri se ne incontrano fra gli strati marini d'altre epoche terziarie.

Quando si continui ad esaminare il suolo lungo la strada da Novi a Genova, vedonsi gli strati di macigno e di calcaree continuare sino a Genova, mentre di là si stendono poi sin al golfo della Spezia, innalzandosi a formare la catena più elevata degli Apennini. Gli strati superiori contengono spesso parecchie fucoidi del terreno eoceno, ma nella parte inferiore dell'intero gruppo non trovansi altre rocce fossilifere; e la maggior parte di questi strati è quasi sempre stranamente sconvolta e alterata dalle frequenti emersioni serpentine sparse per tutto il tratto di Apennini fra Genova, Parma, Piacenza e Firenze, sì che alcune argille schistose vennero presso il villaggio di Lavagna (vicino a Chiavari) cangiate nelle ardesie ben note sotto il nome del paese d'onde provengono.

Da Genova a Nizza invece scorgesi una bella serie di rocce. L'arenaria macigno e le rocce calcaree che vi sono collegate s'incontrano sin sopra Voltri, ma raddrizzate e attraversate dalle rocce serpentine, e ricoperte qua e là

(specialmente presso Genova) dalle marne azzurrognole e dalle rocce detritiche del terreno pliocenico. Di là a Savona vedonsi gli strati inferiori eocenici appoggiati sopra i micaschisti e altre rocce cristalline, e sollevati da qualche emersione granitica, che diede il rilievo attuale agli Apennini. A Vado trovansi sovrapposti alle rocce cristalline alcuni conglomerati analoghi a quelli che in Toscana diconsi del *Verrucano*, ed alcune arenarie screziate con strati intercalati di calcaree, ricoperte da un gruppo di altre calcaree spesso metamorfosate in dolomie o in gesso, che si sollevano negli Apennini sin all'origine delle valli della Stura, e contengono talora dei fossili giuresi; per il che le rocce poste fra questo gruppo calcareo e le rocce cristalline potrebbero fors'essere la continuazione dei terreni triasici e permiani che si trovano in Toscana da una parte e nel dipartimento del Varo dall'altra.

Verso Albenga ricompaiono le rocce più moderne, sovrapposte alle calcaree giuresi, seguitano sin a Ventimiglia, formano i monti fra Albenga, Ventimiglia e il colle di Tenda, e distinguonsi in tre gruppi principali. L'inferiore è formato di calcaree con mummuliti e di strati alternanti d'arenarie; il medio è il così detto gruppo del *macigno*, formato di arenarie compatte con istrati alternanti argillosi; il superiore è di marne, arenarie e calcaree con impronte di fucoidi (*Fucoides Targioni*, *f. intricatus*, ecc.), ed è bene sviluppato specialmente al capo Berta.

Da Ventimiglia a Nizza infine si osservano sottoposti agli strati eocenici, e talvolta con insensibile passaggio a questi, molti altri strati, sollevati verso il centro delle Alpi marittime, e composti superiormente di marne e di calcaree argillose, sovente con punti verdi, e di arenarie e calcaree con arnioni scilicei, ed inferiormente di una calcarea di color giallo chiaro, ora compatta, ora cristallina ed ora con banchi dolomici. Essi sono senza dubbio dell'epoca cretacea a motivo dei fossili caratteristici che contengono (*Griphaea columba*, *Ammonites rhotomagensis*, *Catillus Cuvierii*, ecc.), e s'innalzano nella valle della Roia e del Varo

sino ad addossarsi alle rocce giuresi che formano la parte superiore del versante meridionale delle Alpi marittime.

Tutte queste rocce eoceniche, cretacee, giuresi, paleozoiche e cristalline sono qua e là coperte nella Liguria marittima da lembi di terreni più recenti. Tali sono le arenarie e le puddinghe, con fossili poco ben conservati dell'epoca miocenica che si trovano al capo di Portofino presso Chiavari (che forse una volta eran collegate coi depositi analoghi della valle della Scrivia sopra Tortona), a Cadibona sopra Savona, dove contengono ligniti e sono analoghe ai depositi assai estesi nello spazio fra Novi, Acqui, Dogliani, Mondovì e Ceva, al di là del nucleo cristallino della sommità degli Apennini. In qualche luogo al di là di Savona trovansi, secondo il Pareto, alcuni depositi con nummuliti sovrapposti alle rocce con furoidi; per il che quell'insigne geologo ammetteva esservi nummuliti di due epoche diverse, l'una più antica, l'altra più moderna del macigno. Parecchi lembi di marne azzurrognole e di sabbie gialle, coperte da ciottoli e conglomerati con fossili pliocenici, trovansi qua e là nella Liguria marittima, come nella valle del Varo, a Menone, a Ventimiglia, a San Remo, ad Oneglia, ad Albenga, sui monti presso Finale, da Vado a Savona, presso Genova e dentro questa stessa città. Finalmente alcuni strati di conglomerati con fossili d'epoca posteriore alla pliocenica s'incontrano presso Nizza e in Val di Magra, ed a questo gruppo appartengono certamente le brecce ossifere che riempiono una fessura d'un monte presso Nizza e formano il suolo di molte caverne, dette *sprugole*, aperte nelle calcaree giuresi che esistono presso il capo di Porto Venere non lungi dalla Spezia.

Località assai importante per la geologia italiana è quella dei monti che circondano il golfo della Spezia, perchè vi s'incontra una serie assai distinta di strati che serve a chiarire la costituzione di molte altre parti degli Apennini, e quindi fu studiata e descritta da molti dotti geologi (*).

(*) La Béche, Coquand, Sismonda, Pilla, Pareto, Savi, Murchison, ecc. Vedansi i relativi spaccati nella tavola II annessa a questo libro.

Progredendo da oriente ad occidente, vedonsi i monti di Capo Corvo formati nella Valle di Magra di schisti calcarei e marmi saccaroidi impuri e screziati, inferiori ad una massa quarzo-schistosa, metamorfica, di colore analogo alla serpentina, sopra la quale stanno alcune calcaree oscure e nere con vene spatiche, poi alcuni schisti oscuri, poi una dolomia cavernosa (su cui è fabbricata la città di Porto Telaro), e finalmente altre calcaree che s'inclinano tutte verso il golfo. Passato questo, osservasi il monte di Castellana formato di calcaree nere con vene bianche e gialle, meno alterate che nel Capo Corvo, le quali si lavorano nell'isola Palmaria col nome di *marmo di Porto Venere* e contengono qualche fossile in apparenza giuresc. Fra questo monte e quelli di Corregna v'ha una grande frattura verticale con uno spostamento, per cui il marmo nero sembra sovrapposto ad altri strati senza dubbio più recenti, i quali s'innalzano verso SO circa, e constano di schisti, di argilla schistosa e di una calcarea rossa e grigia, che contiene molte ammoniti eguali e molte altre analoghe a quelle della calcarea ammonilifera di Erba e d'Induno in Lombardia. Sotto queste calcaree poi vedonsi alcuni schisti calcarei di varii colori che formano i monti di Campiglia. Questi strati, dapprima inclinati verso NE, s'inclinano poi in verso opposto, e ne sostengono altri del gruppo del macigno. I monti che sovrastano alla parte più interna del golfo constano di macigno, per lo che il Murchison opina che siasi formato entro un avvallamento degli strati più antichi prodotto dalle emersioni e dai cataclismi che cagionarono anche la suddescritta frattura con ispostamento.

Siffatta struttura dei monti del golfo della Spezia, quale ci è descritta da Murchison, differisce un po' da quella secondo Savi e Meneghini. Questi geologi sostengono che il Monte dei Forti della Castellana consta di calcarea neocomiana (invece che del lias inferiore) in istrati inclinati verso NE; che sotto ad esso, e concordemente stratificati, incontransi gli schisti varicolori giuresi e la calcarea rossa ammonilifera in istrati verticali; e che fra questi strati

e quelli terziarii, che formano i monti di Campiglia e sono in corrispondenza col fondo della valle, trovasi la spaccatura con ispostamento. Presso Sarzana, a Caniparola v'ha un lembo miocenico con un combustibile fossile.

161. Alpi apuane ed altre catene della Toscana occidentale. — Nella Toscana s'incontra una serie di terreni analoga a quella di Lombardia, e nella quale, secondo Savi e Meneghini, si distinguono, dall'alto al basso, i seguenti gruppi:

1.° Il *terreno attuale*, a cui appartengono le dune, i travertini, le torbe, i conglomerati conchigliiferi lungo il mare, le alluvioni recenti con avanzi di animali viventi e di prodotti d'arte.

2.° Il *terreno pliotocenico o di trasporto*, composto di gomfoliti, di ciottoli e ghiaie e sabbie in istrati nelle valli, di travertini e di brecce ossifere con avanzi di animali ancora viventi od analoghi ad essi.

3.° Il *terreno pliocenico*, formato di sabbie gialle e argille turchinice, di marne calcaree, ecc., con depositi di sal gemma e gesso, e con avanzi fossili di pachidermi, e moltissime conchiglie caratteristiche dell'epoca subapennina.

4.° Il *terreno miocenico*, che consta di calcaree grossolane, gomfoliti, arenarie, argille schistose e sabbie, spesso con gessi, alabastri, combustibili fossili e conchiglie caratteristiche.

5.° Il *terreno eocenico*, formato superiormente dall'arenaria compatta detta *macigno*, alternante con una calcarea detta *alberese*, con fucoidi; ed inferiormente di argille schistose di vario colore (*schisti galestrini superiori*), che alternano con alcuni strati calcarei di colore assai vario, e contengono un buon numero di nummuliti analoghe a quelle del Veneto e della Lombardia. Queste rocce sono spesso metamorfosate in gessi, staniti, diaspri, gabbri, alluniti, ecc.

6.° Il *terreno cretaceo superiore*, a cui spettano alcune argille schistose (*schisti galestrini inferiori*) con calcaree psammitiche (*pietra forte*), contenenti qualche avanzo di *hamites* ed alcune impronte di fucoidi, per il che formano un passaggio al terreno eoceno.

7.° Il *terreno cretaceo inferiore*, a cui appartiene una calcarea grigio-cupa con selce piromaco, talora convertita in calcarea cavernosa, in calcarea bianca, nel *marmo portoro* di Porto Venere, in dolomite, ecc.: non è abbondante che nei monti Pisani, nelle Alpi apuane e lì vicino, e contiene fossili del terreno cretaceo.

8.° Il *terreno giurese superiore*, composto di rocce schistose, arenacee e calcaree con selci ed ammoniti alternanti fra loro, chiamate *schisti varicolori*, ed alterate spesso in ardiesie, pietre da coti, steaschisti quarzosi (*pietra da forni*), ecc.

9.° Il *terreno liasico superiore*, formato di calcaree rosse e grigie, con numerose ammoniti analoghe od eguali a quelle della Lombardia, spesso mutate in marmi saccaroidi, in dolomie, nei diversi marmi brecciati, mischi, di Porta Santa, giallo e broccatello.

10.° Il *terreno liasico inferiore*, che comprende parecchi marmi statuarii distinti in generale col nome di *calcarea salino*, altri marmi bianchi, ceroidi, saccaroidi, alcune dolomie, il marmo mischio di Serravezza, i marmi madrimacchie, e contiene depositi di gesso e di solfo e pochi fossili giuresi (*chenmitzia*, *natica*, ecc.).

11.° Il *terreno triasico*, formato da una calcarea grigio-cupa senza selce, da alcuni marmi bardigli, da qualche dolomia, e che contiene qualche deposito di gesso e qualche fossile triasico (*myophoria* o *trigonia curvirostris*).

12.° Il *terreno paleozoico*, che consta di psammiti quarzo-talcosi, anageniti, quarziti, steaschisti e schisti filladici, talora bituminosi e con antracite e grafite, talora modificati in gneiss talcosi e contenenti impronte ben determinate di piante e di conchiglie dell'epoca carbonifera; per il che questo gruppo di strati, noto sotto il nome generico di *terrucano*, sembrerebbe rappresentare il terreno carbonifero (*).

(*) Tale è l'opinione di Savi e Meneghini; ma probabilmente in questo gruppo di strati si giungerà a distinguere alcuni che rappresentino il terreno permiano ed altri che siano dell'epoca carbonifera; ed allora si sarà trovata nelle Alpi apuane una serie di rocce che si potrà paragonare, per la sua estensione, a quella che fu distinta nelle Alpi lombarde.

Tutti questi terreni non si rinvennero in tutta la Toscana, ma soltanto in pochi luoghi, e non tutti insieme; onde fu assai difficile ai geologi scoprire e determinar bene le loro relazioni e l'età relativa.

I monti della Toscana formano quasi parecchie linee di emersione parallele fra loro, e non si può avere un'idea generale della struttura geologica della Toscana se non studiando tutte queste singole catene di monti (*).

Il gruppo delle Alpi apuane, che è una delle catene montuose fra l'Apennino e il mar Tirreno, detta anche *catena metallifera* perchè ricca di minerali metalliferi, è assai interessante pel geologo tanto pei terreni sedimentarii quanto per le rocce emersorie che la attraversano. Essa si collega colle altre dei monti Pisani, dei monti Campigliesi, di quelli del Massetano (di Massa presso Piombino), ecc., ed è parallela alle emersioni delle isole d'Elba, del Giglio e del promontorio Argentale.

Attraversando le Alpi apuane da NO a SE, si trovano dapprima gli strati miocenici coprire le falde del monte di Fossdinovo, che è composto di strati eocenici rialzati verso SE, sotto ai quali vedonsi rialzati gli schisti galestrini, la calcarea neocomiana, gli schisti varicolori, la calcarea ammonitifera, il calcare salino e le rocce del verrucano. Questi continuano poi per lungo tratto a formare i monti, e dopo il paese di Basati presentano una ripiegatura, s'abbassano verso SE e nei monti che segnano sostengono gli strati più moderni, in modo che nella valle del fiume Serchio appaiono le calcaree neocomiane e nell'Apennino il gruppo del macigno.

Salendo alle Alpi apuane in direzione trasversale, cioè da Pietrasanta, e discendendo al fiume Serchio, osservansi gli strati neocomiani sollevati verso NE sporgere dai depositi alluvionali, e sotto d'essi rialzarsi tutti gli altri sino al monte Altissimo, nel quale v'ha un ripiegamento e vedesi il calcare salino abbassarsi nel versante boreale e so-

(*) A meglio intendere la struttura di questi monti e dell'Apennino toscano veggansi gli spaccati nella tavola II.

stenere tutti gli strati più recenti che si succedono sino al fiume Serchio. Questo sollevarsi degli strati in un versante e ridiscendere nel versante opposto vedesi anche attraversando le Alpi apuane per il territorio di Carrara; dal che deducesi quei monti dovere la loro origine ad un' emersione centrale di rocce ignee, le quali non si fecero però strada sino alla superficie.

Analoga struttura hanno i monti Pisani. Difatti, salendo dal fiume Serchio, vedonsi gli strati di macigno sollevarsi verso SE, e sott'essi tutti gli altri sino al calcare salino, il quale forma il monte di Faeta, ed al paese di Calci presenta una ripiegatura per inclinarsi verso SE e discendere sino all'Arno, dove sostiene gli strati della calcarea grigio-cupa. Una gran parte di questi monti però presenta alla superficie i terreni paleozoici (del verrucano), qua e là rotti e sconvolti da frequenti fessure e spostamenti.

Nei monti della Toscana marittima meridionale (di Gavorrano e Sticciano al nord dell'Ombrone, di Alberese e del Capo Argentario al sud di quel fiume) si può ancora vedere l'effetto di un sollevamento, diretto da NO a SE, nel terreno paleozoico, sul quale si appoggiano all'intorno gli strati di sedimento inferiore; ed in quelli di Campiglia (al nord-est di Piombino) la massa centrale è di calcaree liassiche assai metamorfosate, ma in verun luogo il gruppo delle rocce paleozoiche non vi appare alla superficie.

L'isola d'Elba è formata dalla riunione di due principali catene di montagne, l'una da nord a sud, l'altra da est a ovest. Gli strati della parte orientale sono rialzati verso la terra ferma, sicchè sulle coste vedonsi anche i terreni paleozoici; il centro è occupato dal terreno eocenico, e nella parte occidentale appaiono varie rocce cristalline con emersioni e filoni di rocce emersorie.

Rocce granitiche non s'incontrano che nelle isole d'Elba, del Giglio, di Monte Cristo e nel monte di Gavorrano sul continente. Alcuni minerali di ferro, sì abbondanti da considerarsi come rocce, si trovano specialmente nella catena metallifera e nell'isola d'Elba, e sono il ferro oligisto, la

limonite e la magnetite, e ad esse vanno annessi alcuni filoni e dicchi d'altre sostanze minerali, come di amfiboliti quarzose-metallifere, e diretti in generale da nord a sud. Finalmente, alle predette emersioni ed alle poche vulcaniche della parte meridionale della Toscana, delle quali diremo dopo, se ne aggiungono, nelle catene montuose descritte, molte altre di rocce ofiolitiche di color verde intenso, e con diallagio, che attraversarono tutti i terreni sino al cretaceo inclusivo, metamorfosando tutte le rocce e dando origine spesso al gabbro, ed altre ancora di rocce serpentinosi e dioritiche, che attraversarono anche i terreni terziarii più recenti.

In fine lungo i sollevamenti dei monti descritti si trovano molte sorgenti di gas idrogeno solforato, dette *putizze*, che cangiano in gesso le rocce calcaree e depongono solfo nativo; altre sorgenti di gas acido carbonico e che si chiamano *mofete*, ed i così detti *soffioni* o getti di vapore acqueo con acido borico, che escono attraverso rocce terziarie o serpentinosi. Presso quegli stessi monti sono in oltre più copiose le sorgenti minerali, di cui è ricco anche tutto il restante della Toscana.

162. Apennini toscani (*). — A dare un'idea della struttura degli Apennini toscani e romani crediamo possano bastare alcuni cenni su ciò che si vede attraversando questa catena in varii punti; ma dapprima vogliamo accennare la località di Mosciano presso Firenze, perchè ivi, ascendendo dall'Arno a San Martino, vedonsi gli strati dell'alberese rialzati a mo' di cupola e ricoperti verso Mosciano da alcuni schisti, indi dalla calcarea nummulitica e in fine da una massa di macigno.

Scendendo dall'Apennino toscano a Loiano e di qui a Bologna osservasi in modo assai chiaro la sovrapposizione di tutti i terreni terziarii dell'Italia media. Il gruppo del macigno e dell'alberese, attraversato al Monte Beni da un'emersione di serpentina, termina a Loiano, e qui

(*) Descritti specialmente da Targioni-Tozzetti, Brocchi, Pilla, Savi, Meneghini, Murchison, Scarabelli, Bianconi, ecc.

sembra che una frattura con ispostamento lo separi dal terreno che segue ed è formato da un gruppo di conglomerati e di sabbie dell'epoca miocenica. Sopra queste vedonsi disposte, come in un bacino che termina a Pinaoro, le marne e sabbie subapennine, mentre, dopo Bologna, si rialzano ancora verso NNE gli strati miocenici, per ripiegarsi di nuovo ancora e ridiscendere verso la pianura. Quindi nell'Apennino bolognese vi sarebbe una discordanza fra l'eocene e il miocene; discordanza di cui sinora non si è ben chiarito alcun esempio nelle altre parti dell'Italia superiore, mentre osservazioni particolari provano che anche nell'Abruzzo e nell'Ascolano v'è un passaggio insensibile fra il macigno e i depositi miocenici.

Percorrendo il tratto fra Arezzo e Fano si ha modo di osservare i varii sollevamenti paralleli che formano la catena dell'Apennino. Il primo s'incontra ascendendo da Arezzo ai monti dello Scopetonè, formati di macigno, sul quale, sopra Arezzo, si appoggiano gli strati miocenici. Gli strati di macigno, dapprima rialzati verso est, si abbassano nella valle del Sevara, e si rialzano in quella del Tevere, lasciando scorrere questo fiume entro una loro spaccatura. Il Monte Giove è pur esso formato da un ripiegamento di macigno, che si abbassa poi verso l'est, e ad Urbania è ricoperto dalle rocce mioceniche. Il macigno si rialza poi una terza volta, e i suoi strati contorti formano i monti sopra Urbino, mentre ridiscendono e sono ricoperti dalle rocce mioceniche nella valle del Metauro. La città di Fossombrone è collocata sopra un ultimo rialzo di macigno, e nei monti del Furio gli strati del macigno, rialzati verso l'est, fanno passaggio ad una serie di calcaree, rossastre dapprima e poi bianche e con selci, e simili alle rocce cretacee dei Monti Euganei, e queste poi alla lor volta passano ad altre in cui si trovò un'ammonite (*A. humphresianus*) dell'epoca giurese. Discendendo finalmente a Fano, osservasi ancora tutta la serie dei terreni suddescritti abbassarsi verso il mare, sì che quella città riesce sul terreno alluvionale che ricopre le rocce mioceniche. Un' ana-

loga disposizione delle rocce si vedrebbe anche tra Arezzo e Perugia; e certa particolare struttura offerta dal macigno presso il lago Trasimeno, se' credere ad alcuni di avervi trovata una vera grovacca antica.

A compiere la descrizione degli Apennini di Toscana basta accennare che tutto il suolo fra San Miniato, San Casciano, Chiusi, Radicofani e Volterra è occupato da terreno subapennino, le cui marne, specialmente fra Siena e Radicofani, danno colla loro sterilità un aspetto assai tetto al paese; e che la parte occidentale e meridionale della Toscana è occupata dal terreno eoceno, cioè dal gruppo del macigno, fuorchè nei luoghi ove si mostrano alla superficie i terreni più antichi (come nei monti del Campi-gliese e del Massetano), nelle Maremme, in cui abbonda il terreno alluvionale e ricopre spesso dei depositi miocenici con combustibili fossili (Monte Catini, Monte Camboli, Monte Massi), e nei piccoli tratti di paese intorno a Monte Amiata e Radicofani che sono occupati da terreni vulcanici.

163. Romagna (*). — Se ora noi rivolgiamo la nostra attenzione al suolo dello Stato romano, vi troviamo tre zone ben distinte: la prima di terreni sedimentarii, secondarii e terziarii, che forma la catena dell'Apennino; la seconda di rocce eoceniche e stesa fra Orbiello, Savona, Toscanella, Civitavecchia e il mare, con pochi lembi miocenici e pliocenici, come a Corneto; la terza, collocata fra le altre due ed occupata dai terreni vulcanici.

L'Apennino presenta fra la Toscana ed Ascoli parecchie zone di calcaree grigie e rosse schistose con ammoniti (al Monte Cetona, a Perugia, presso Assisi, dalla Scheggia a Colle Fiorito), parallele e dirette da NNO, a SSE che sembrano poi riunirsi qua e là, e si stendono sin a Terni e negli Abruzzi. Attorno a queste zone, e sulle rocce giuresi si appoggiano parecchie calcaree con ippuriti, rappresentanti il terreno cretaceo, e sopra queste le solite rocce eoceniche; alle quali ultime poi stanno sopra, lungo

(*) Esaminata e descritta specialmente da Pilla, Pareto, Spada-Savini, Orsini, Ponzi, ecc.

le coste dell'Adriatico, gli strati miocenici e subapennini. Le rocce cretacee ed eoceniche formano anche un' altra zona, che discende fra la cresta più elevata dell'Apennino ed il limite orientale della zona vulcanica, che passa per Civita Castellana, Tivoli, Palestrina, Piperno, Terracina e Gaeta; in modo che gli strati eocenici composti superiormente di macigno e inferiormente di calcaree, e coperti dagli strati orizzontali dell'epoca diluviale o pliocenica, si vedono, per esempio, appoggiarsi sulla calcarea ippuritica cretacea dei Monti Sabini e formare verso l'est l'altura di Subiaco.

La zona vulcanica è assai importante per la sua composizione. Gli strati sedimentarii più antichi che vi si vedono, nelle più profonde denudazioni a Monte Mario, al Vaticano, ecc., sono argille e marne turchine con fossili; sovr' essi stanno alcune arenarie e sabbie gialle analoghe a quelle di Toscana, che sono poi ricoperte da letti di ciottoli e sabbie e da strati di tufo vulcanico. Tutti questi strati costituiscono il terreno subapennino di colà, e coi loro detriti fornirono i materiali con cui si formarono all'epoca del terreno di trasporto altri strati che contengono avanzi di quadrupedi, come di elefanti, ippopotami, rinoceronti, cavalli, cervi, ecc., diversi dai viventi e simili a quelli ritrovati nei depositi della stessa epoca del Piemonte e della Lombardia. Parecchie emersioni di trachite a Monte Amiata, alla Tolfa, fra Vitorchiaro e Bagnaia, e di lave e lapilli, ecc., fra Torre Alfina e Bolsena, fra il lago di Mezzano e Marta, a Montefiascone, da Viterbo a Ronciglione, al nord del lago di Bracciano ed al paese dello stesso nome, attraversarono questi sedimenti e ne smossero gli strati, in modo che formarono ora alcuni rialzi simili a crateri, che poi si convertirono nei laghi di Bolsena, di Vico e di Bracciano, ed ora alti monti, quali sono l'Amiata, il Soriano, ecc.

164. Napoletano e Sicilia. — I terreni che troviamo nella Romagna si ripetono press' a poco eguali nell'Italia meridionale, che fu oggetto degli studi di Pareto, Hoffmann,

Beaumont, Dufrénoy, Pilla, Gemellaro, Scacchi, Maravigna, ecc.

La zona giurese discende, nel centro degli Apennini, verso la Calabria, mostrandosi specialmente nell'Abruzzo a Monte Corno, nella penisola di Sorrento, ecc., sin a Castrovillari, forma qualche lembo in questa contrada, e termina in Sicilia presso Taormina. Essa è coperta qua e là di Monte Gran Sasso, Monte Casino, monti di Venafro, Sorrento, Salerno, Monte Majella, Monte Velino, Monte d'Avellino, Salerno, ecc., da lembi di calcaree con ippuriti, le quali poi formano varii tratti di monti presso Oppido in Basilicata, nella Terra d'Otranto e nella parte settentrionale e centrale della Sicilia.

Il versante verso l'Adriatico presenta una zona di rocce eoceniche che comprende il macigno con fucoidi che si trova a Bacino in Capitanata, e che è fiancheggiata da una lunga zona di rocce subapennine, estesa lungo le coste, tutt'attorno dei monti giuresi e cretacei della Terra d'Otranto, e interrotta solo dalla massa di rocce giuresi e cretacee (ippuritiche) del Monte Gargano. Le stesse rocce subapennine si trovano poi anche intorno a Benevento, nelle Calabrie lungo le coste e nella Valle di Cosenza, e nella parte più meridionale e orientale della Sicilia; ma ve n'ha nella Calabria un lembo assai importante, fra il golfo di Squillace e quello di Sant'Eufemia, il quale prova che all'epoca subapenninica la parte estrema della Calabria era staccata dal continente per mezzo di un braccio di mare, là dove ora trovasi il deposito di marne azzurre e sabbie gialle.

Il tratto di paese attorno a Napoli ed i dintorni del Vesuvio sono di terreni vulcanici analoghi a quelli della Romagna; mentre nelle Calabrie e propriamente attorno a Cosenza, da Squillace a Reggio, e in Sicilia da Messina sin quasi a Taormina, trovansi numerosi monti formati di gneiss, micaschisti ed altre rocce metamorfiche, delle quali alcune (per esempio i *galestri*, ossia le flaniti e i diaspri presso Lagonegro) sembrano dovute all'alterazione del

macigno, altre a quella delle rocce giuresi o di epoca più antica. Nella Calabria finalmente trovansi alcuni lembi di terreno miocene, composti d'argille ed arenarie compatte, e che contengono qualche combustibile fossile, come per esempio ad Agnana e Antonomina presso Gerace, a Reggio e al Capo di Stilo; ed abbondantissimo è, secondo il Pilla, lo stesso terreno negli Abruzzi, dove forma una zona di monti assai elevati fra la zona del macigno e la subapennina, e contiene talora del gesso e del combustibile fossile, come a Ripa presso Teramo.

Tutti questi terreni sono rialzati e sconvolti in tutta l'estensione dell'Apennino ed in Sicilia; ma soltanto in Calabria ed in Sicilia, al Capo Passero presso Girgenti e fra Palermo e Sciacca osservansi alla superficie del suolo le rocce emersorie, che sono graniti in Calabria e melafiri in Sicilia.

165. Sardegna e Corsica (*). — La struttura di queste isole fa quasi un passaggio fra quella dell'Italia e quella delle coste orientali della Spagna.

La metà orientale della Sardegna è tutta occupata da rocce cristalline, qua e là coperte da lembi giuresi, come al Monte Santo e nella valle del Flumendoso, e attraversate da emersioni di porfido guarzifero ai promontorii Comino, Bellavista, Sferracavallo, San Lorenzo e Carbonara. La parte occidentale, dal Golfo di Torres ad Oristano e da Iglesias al golfo di Palmas, è occupata da terreni vulcanici analoghi a quelli del Napoletano; alcune rocce cristalline occupano il Monte della Murra presso Sassari, il Monte Arbus presso Oristano, il Monte Santo all'estremità meridionale dell'isola; ed una zona di rocce subapenniniche si stende da Cagliari ad Oristano, mentre Sassari ed Ozieri stanno sopra due lembi subapenninici fra le rocce vulcaniche e le cristalline. Nel golfo d'Alghero e, più ancora, lungo i due lati della zona subapennina da Cagliari ad Oristano v'hanno due strette zone di rocce giuresi e di altre rocce

(*) Queste furono oggetto di particolari studi del generale La Marmora e del marchese Pareto, che le descrissero in memorie assai interessanti.

calcaree ed arenacee che contengono antraciti con piante fossili dell'epoca carbonifera e conchiglie dell'epoca silurica, e che sembrano quasi un prolungamento dei terreni che esistono in Spagna nell'Estremadura.

La Corsica presenta un' analoga struttura. Dal terreno alluvionale, poco sviluppato e quasi soltanto nella parte orientale, veggonsi sporgere qua e là, cioè al golfo di San Fiorenzo, sulla costa orientale, ed a Bonifacio, alcuni strati di sabbie, di argille e di altre rocce detritiche e calcaree, che contengono fossili subapenninici. La parte nord-est dell'isola è tutta di calcaree nummulitifere alternanti con schisti talcosi, arenarie, marmi cristallini, ecc., ed attraversate e sconvolte da emersioni di rocce serpentinosi, entro una zona diretta da nord a sud, che si estende dalla punta boreale dell'isola sin alla valle del Fiumorbo. Il restante dell'isola, vale a dire la sua parte occidentale e meridionale, è occupata da rocce granitoidee, che si alzano ad altezze considerevoli e sono interrotte soltanto lungo le coste occidentali da alcuni lembi di filladi micacee oscure e di conglomerati quarzosi e antracitiferi, assai simili alle rocce carbonifere della Loira inferiore, ma senza fossili, e da parecchie emersioni di porfido rosso e d'eurite di poca estensione. Finalmente, fra le rocce granitiche e i depositi con nummuliti trovansi qua e là alcuni strati di gneiss e micaschisti, che al Pareto sembrano potersi considerare come equivalenti alle rocce con antracite, le quali probabilmente sono del terreno carbonifero.

166. Istria e Dalmazia (*). — Dopo aver percorsa tutta l'Italia, dalle Alpi al mare, e le sue isole principali, ritorniamo sulla terra-ferma passando per l'Istria e la Dalmazia, dove incontreremo una struttura geologica piuttosto semplice, ma non meno interessante che quella di tutte le altre parti del nostro paese.

Se il geologo, arrivando a Trieste, rivolge la sua attenzione allo studio del suolo dell'Istria, vi distingue subito

(*) Dai *Cenni geologici sull'Istria*, di Cornalia e Chiozza, nel *Giornale dell'Istituto Lombardo*, 1851.

due specie principali di rocce che formano la quasi totalità del paese, la calcarea e l'arenaria. L'altipiano che si stende da Trieste e Duino verso l'est, e che ricevette il nome di *carso*, consta d'una roccia calcarea e si presenta come una regione arida e desolata, in cui spesso non si vede traccia di vegetazione sopra una distesa di più miglia quadrate, a motivo della sterilità naturale e della natura cavernosa della roccia stessa per la quale vi manca quasi del tutto l'acqua, e dei venti impetuosi che di frequente vi soffiano e impediscono l'accumularsi della terra vegetabile. È notevole però il fatto singolare di molte depressioni imbutiformi od ellittiche, larghe fino a 100 metri e profonde non più di 70 od 80, chiamate *dolline* o *dollazzi*, che presentano il loro fondo ricoperto di terriccio e verdeggiante di vegetazione, e sembrano come altrettante oasi in mezzo ad un deserto. La famosa grotta di Adelsberg e parecchie altre sono aperte in questo terreno, che si estende ad occidente sino a Montefalcone, a Gradisca ed ai confini del Veneto, ed al quale serve quasi di contrapposto il gruppo dell'arenaria, che forma molte colline ricoperte di una magnifica vegetazione.

Gli stessi gruppi della calcarea e dell'arenaria s'incontrano nell'Istria, dove però è facile distinguervi varie divisioni subalterne. Salendo infatti da Trieste verso nord-est, si trova la calcarea già descritta appoggiarsi fra Comen e Sesana sopra un'altra calcarea, che è d'ordinario di color nero assai schistoso, e racchiude magnifiche impronte di pesci, di rettili e di vegetabili. Percorrendo la strada da Trieste a Pinguente, si cammina quasi sempre sopra una serie di strati ora arenacci e verdi (che divengono bruni quando siano esposti all'aria), ed ora marnosi ed azzurri (e in questo caso ricevono nel paese il nome di *tassello*), che sono spesso contorti e ripiegati e contengono qualche nummulite, qualche cerizio ed alcune impronte somiglianti a radici o piccoli tronchi d'albero. Lungo la strada da Pinguente a Pisino ed Albona vedesi spesso nelle valli più profonde questa serie di rocce marnose ed arenacee appoggiata in istratificazione concordante sopra altri strati, di

colori sbiadati, di natura calcarea e più o meno ricchi di nummuliti, or piccolissime ed ora del diametro di due o tre centimetri, e che contengono anche alcuni crostacei fossili, qualche dente di pesce, molti pettini, ecc. Sotto Pingvente poi queste calcaree nummulitiche trovansi ricoprire una calcarea bituminosa ricca di cerizii fossili e contenente intercalati alcuni strati di carbon fossile cavato per gli usi comuni.

Abbandonando Pingvente per recarsi a Pola, si cammina sulle marne e sulle arenarie sino a Pisino, dove s' incontra la calcarea nummulitica che sta sotto a quelle rocce, e poco dopo si trova che questa stessa calcarea si appoggia sopra un'altra calcarea eguale a quella del carso, di varia struttura e di vario aspetto secondo i luoghi, ora grigia ed ora venata, e che contiene un buon numero di ippuriti e di altri rudisti (sferuliti e radioliti), e qualche altro fossile certamente cretaceo. Questa calcarea continua sino a Pola, ma va divenendo sempre più compatta e povera di fossili mano mano che si avvicina a questo paese, presso il quale trovasi collegata con una ristretta zona di dolomia che si estende per Dignano e Valle sino a Rovigno, e contiene un deposito di tufo siliceo biancastro e friabilissimo, che vien portato a Venezia e serve alla fabbricazione del vetro.

Il viaggio da Trieste a Pola basta a far conoscere quasi tutte le rocce dell'Istria, giacchè il tratto di paese fra Buje, Pingvente, Visinada, Pisino, Albona e il mare è occupato quasi totalmente dalla calcarea ippuritica e dalla descritta zona di dolomia; in quello da Buje a Trieste e Pingvente v' ha quasi soltanto la formazione delle marne ed arenarie; fra Montona, Pingvente, Fianona ed Albona abbondano le marne e le arenarie, e verso Albona la calcarea nummulitica, che forma una zona che si estende fra la calcarea ippuritica e le arenarie da Buje a Pisino, Pedena ed Albona sino alla Punta Negra. Nella valle del Carpano poi trovasi un deposito di calcarea bituminosa inferiore alla calcarea nummulitica, in cui v' ha una miniera di carbon fossile simile

a quella di Pinguento; un altro simile deposito con carbon fossile si trova anche sotto Pedena, ov'è ben visibile la sovrapposizione delle rocce descritte; e finalmente v'hanno qua e là, al di sopra del gruppo dell'arenaria, alcuni lembi di un'altra roccia nummulitica di tessitura assai varia e che spesso contiene molti fossili, specialmente echini, i quali si possono facilmente raccogliere in buon numero là dove la roccia è più terrosa e produce delle frane a' piedi delle balze.

Accennando appena che la Dalmazia ha una composizione geologica analoga a quella dell'Istria, vale a dire che consta di rocce calcaree ippuritiche e d'altre calcaree marnose ed arenacee, nummulitiche, osserveremo che questi paesi presentano alcuni fatti interessanti che risguardano la classificazione geologica delle rocce nummulitiche nella serie dei terreni. Infatti, quando si abbia stabilito che v'hanno tali differenze fra i terreni dell'Europa al nord delle Alpi e quelli della regione mediterranea che i criterii più validi in Francia e in Germania diventano incerti nella loro applicazione allo studio dei terreni d'Italia, non è più logico l'ammettere che nel nostro paese la fauna cretacea sia cessata totalmente all'epoca del sollevamento del sistema dei Pirenei, come ha trovato Elia de Beaumont esser avvenuto realmente in Francia; e devesi ritenere che nella regione mediterranea la fauna cretacea ha dura o alcun poco dopo quel cataclisma, in modo da lasciare i proprii avanzi insieme cogli animali nuovamente comparsi nell'epoca terziaria. E siffatto modo di vedere andrebbe d'accordo col fatto che nel terreno nummulitico dell'Istria, come in tutta la zona nummulitica che si estende dalla Francia meridionale attraverso l'Europa fino all'India e fors'anche nella China, si trovano spesso associati alle nummuliti ad altri fossili terziarii alcuni dell'epoca cretacea: la q miscela di fossili terziarii coi fossili cretacei, che si osses su tanta estensione e dà al terreno nummulitico un cattere particolare, « sembra giustificare, dice il dottor C nalia, l'opinione di coloro che di questo terreno, tutto lasciandolo in rapporto col cretaceo, ne fecero un ter

particolare, che chiamarono *epicretaceo*. Il nome poi di terreno epicretaceo come equivalente di un terreno che possa corrispondere alla fine della creta ed al principio della serie terziaria (eocene); sarebbe da ammettersi come un tipo che non disturba punto l'altra serie e nel quale potranno convenire i dissenzienti geologi: dissenzienti sempre fino a tanto che nelle loro deduzioni, non tenendo conto delle due grandi regioni geognostiche sopra indicate, gli uni partiranno esclusivamente dalle leggi paleontologiche, gli altri dalla teoria dei sollevamenti. »

167. Riepilogo dei terreni d'Italia. — Riassumendo quanto si è detto sulla distribuzione geografica dei terreni in Italia, anche coll'aiuto della carta geologica generale annessa a questo libro, vediamo anzi tutto che il terreno di trasporto occupa tutta quanta la pianura della vallata del Po, fra le Alpi e gli Apennini, da Cuneo sino all'Adriatico, fra Monfalcone e Rimini; e che altri lembi dello stesso terreno ritrovansi nelle valli del Ticino, dell'Adda, dell'Arno e del Tevere, lungo il litorale dalla Spezia sino a Livorno ed a Piombino, alle bocche del Tevere e nelle paludi Pontine, in Sicilia fra Catania e Lentini, e in qualche tratto della Corsica e della Sardegna.

Nelle Alpi vedonsi i terreni terziarii e cretacei formare insieme una zona che va dal Lago Maggiore a Peschiera, forma il Monte Baldo e si estende poi da Verona sin nel Friuli. Il restante di quella catena montuosa è formata di rocce giuresi, triassiche e permiane, sino ad una linea tortuosa che va da Tarvis (presso Villach in Carinzia) a Brunecken (in Tirolo), e di là passa nel Vorarlberg, discende lungo la catena camònia sino a Bagolino, e scorre poi per Piazza, Introbio, Bellano, Gaeta e Lugano, giungendo al Lago Maggiore presso Luino. La zona di rocce cristalline che nelle Alpi venete, tirolesi e lombarde si stende al di là della linea descritta ed è interrotta qua e là da ammassi di rocce calcaree metamorfiche, discende poi verso sud-ovest nelle Alpi piemontesi, attraverso le valli della Sesia, della Dora, ecc., sino a Dronero presso Cuneo. Al di là di

questa zona poi ve n' ha nelle Alpi piemontesi un'altra, composta di rocce ora metamorfiche ed ora cristalline, che comprende i monti più alti della catena sino ad un'ultima zona di rocce nummulitiche e cretacee che va da Chambéry al lago di Ginevra. Due lembi di rocce cristalline si trovano anche nelle Alpi marittime e nella Liguria; ma per ritrovarne altri un po' estesi bisogna recarsi nelle Calabrie, dove se ne incontrano formati i monti intorno a Cosenza e gli Apennini da Squillace a Reggio; nella Sicilia poi si vedono da Messina a Taormina altre rocce cristalline che fan seguito a quelle della Calabria ulteriore; l'isola di Sardegna ne è formata nella sua metà orientale e la Corsica nella parte occidentale, come l'isola d'Elba.

Le colline fra Torino, Cuneo, Ceva, Aquis, Alessandria, Valenza e Casale constano di rocce mioceniche e plioceniche, mentre tutti gli Apennini, da Genova sino all'estremità più meridionale dell'Italia, sono formati in quasi tutta la loro estensione da rocce cretacee e terziarie, facendo eccezione a questa regola generale alcuni tratti di rocce giuresi che si estendono dalla strada fra Arezzo e Urbina sino a Benevento, da Civita-Castellana a Gaeta, da Avellino a Castrovillari e da Canosa a Gioia, altri piccoli lembi delle stesse rocce che si mostrano nella Toscana e nelle Calabrie, altri di rocce cristalline nelle Calabrie stesse, ed alcune regioni ricoperte di recente da depositi vulcanici, quali sono quelle di Monte Amiata e Monte Cetona in Toscana, da Acquapendente ed Orvieto ad Albano e Velletri e nel territorio di Napoli. La struttura degli Apennini poi è tale che nelle loro parti più elevate dominano spesso le rocce giuresi da Arezzo al golfo di Taranto, le plioceniche e mioceniche abbondano in Toscana e lungo il versante che manda le sue acque all'Adriatico da Novi e Voghera sin nella Terra d'Otranto e nelle Calabrie, e le cretacee ed eoceniche formano la maggior massa dei monti da Genova ad Arezzo, e poi si trovano in varie zone qua e là disposte, come lungo il versante che guarda l'Adriatico, a Capitanata, intorno a Potenza, da Rieti a Venafrò e da Livorno a Civitavecchia.

Finalmente, dopo aver rammentati i terreni sedimentarii già abbastanza descritti della parte orientale della Corsica e della metà occidentale della Sardegna, diremo soltanto in generale che le isole Lipari sono vulcaniche, l'isola di Malta consta di rocce terziarie, l'isola d'Ischia è vulcanica, e quelle di Pianosa e del Giglio sono in parte cristalline ed in parte di terreni secondarii.

Se ora passiamo alle rocce emersorie, troviamo molte emersioni di graniti, sieniti e dioriti nelle Alpi che nella carta geologica non furono distinte dai terreni cristallini; altre porfiriche e melafiriche nelle Alpi piemontesi del Biellese e della Sesia, presso al lago Maggiore, in Val Gana, al lago di Lugano, nel Tirolo, in varie parti della Corsica e della Sicilia; e finalmente un gran numero di emersioni serpentinosi in uno spazio ellittico che comprende la Corsica settentrionale, la Liguria, le Alpi intorno al Monte Viso, la Vall'Anzasca, l'Ossola, le valli del lago Maggiore, la Valtellina, la Val Camonica, la Val di Fassa, il Trentino, gli Apennini di Bologna, i dintorni di Livorno, il Monte Argentaro e l'isola del Giglio.

148. Sistemi di montagne d'Italia. — Veduta la distribuzione geografica dei terreni nella nostra Italia, accenneremo quali siano i sistemi di montagne che concorrono a formare le Alpi e gli Apennini. La ricerca di questi sistemi, quantunque difficile per i numerosi sconvolgimenti degli strati e per le emersioni sparse irregolarmente qua e là fra i terreni sedimentarii, condusse i geologi a riconoscere nelle catene montuose d'Italia l'esistenza di sei diversi sistemi principali.

Nelle Alpi Cozie al sud del Monte Viso, nelle Alpi apuane e nei monti che si stendono da Firenze sin alla Calabria, si hanno tracce del *sistema del Monte Viso*, che è diretto da NNO a SSE, e sta fra il terreno cretaceo inferiore e il superiore.

Il *sistema dei Pirenei* (da O 18° N ad E 18° S, fra il terreno cretaceo e il terreno eocenico o del macigno) fu detto anche dell'*Apennino settentrionale* perchè si scorge spe-

cialmente nell' Apennino ligure. Si osserva anche nei territorii di Casale e Tortona, nei colli della Brianza, nei monti giuresi della Val Sassina, nelle catene montuose parallele fra il meridiano di Genova e la sorgente del Tevere, e finalmente in Sicilia da Marittimo al Capo Passero.

Il *sistemà della Corsica e della Sardegna* (da Nord a Sud, fra l' eocene e il miocene) si vede specialmente nei monti della Corsica e della Sardegna e nella direzione generale di quelle isole, quantunque vi siano tracce anche di sollevamenti in altre direzioni; e s'incontrano tracce di questo sistema anche nella Liguria orientale.

Il *sistema delle Alpi occidentali* (da N 26° E a S 26° O, fra il miocene e il plioceno) si manifesta appunto nelle Alpi dal Mediterraneo al Monte Bianco, e in qualche altro tratto, come dal Monte Rosa al Sempione, nella direzione del lago Maggiore e di quello di Como, e in altre parti delle Alpi dalla Savoia sino al Tirolo. Se ne trovano poi alcune tracce anche nella Liguria presso Genova, nelle valli della Scrivia, della Bormida, dell' Evro; e finalmente domina anche negli Apennini meridionali da Catanzaro al termine dell'Italia, e in Sicilia da Messina a Catania e da Siracusa al Capo Passero.

La direzione del *sistema delle Alpi principali* (da E 16° N ad O 16° S, fra il plioceno e il terreno di trasporto) domina nelle Alpi dalla Savoia al Tirolo, come negli strati giuresi del lago di Como e fra esso e il Verbano, nel Veneto, e incontrasi qua e là anche nella Liguria, in Sicilia da Faro a Corònia e dal Capo di Gallo a Trapani.

L'ultimo sistema, quello *del Tenaro* (da N 20° O a S 20° E, fra il terreno di trasporto e l'attuale), s'incontra nelle Alpi apuane più frequente di quello del Monte Viso, nella direzione delle moie, dei lagoni e delle sorgenti termali di Toscana, in qualche tratto della contea di Nizza, nei Campi Flegrei, nell'isola d' Ischia, nella Sicilia e finalmente in Sardegna fra Cagliari ed Oristano.

EUROPA IN GENERALE

169. Sotto l'aspetto geologico l'Europa può dividersi in tre zone principali, cioè: la *zona boreale*, ricca di rocce metamorfiche e cristalline, con vulcani estinti o attivi nelle isole; la *zona media*, con tutta la serie dei terreni sedimentarii; e la *zona mediterranea*, con un sviluppo particolare dei terreni cretacei e terziarii, un terreno giurese speciale, senza o quasi senza carboni fossili, e con frequenti emersioni di rocce ignee, plutoniche e vulcaniche.

Ognuna di queste zone può dividersi in regioni distinte. La Russia e la Scandinavia formano la regione settentrionale-orientale, caratterizzata da rocce cristalline, paleozoiche e metamorfiche, con ammassi metalliferi. La regione occidentale-nordica è occupata dal mare, da cui sorgono la Scozia, l'Irlanda settentrionale, l'Islanda e le altre isole minori; e presenta immensi depositi basaltici, granitici, e pochissimi lembi di terreni secondarii e terziarii.

Nell'Europa media noi troviamo il nord-est della Francia, il Belgio, la parte meridionale della Gran Bretagna e parte della Vessalia che formano una regione ricca di terreni paleozoici, carbon fossile e filoni metalliferi, e coi terreni secondarii assai sviluppati e ricoperti qua e là (nei bacini di Parigi e di Londra specialmente) da terreni terziarii. La Francia orientale, come la Germania, è ricca di terreni sedimentarii antichi e secondarii, ma contiene frequenti emersioni di porfidi, graniti e rocce vulcaniche; mentre il centro della Francia e quelli della Germania e della Spagna presentano alcune grandi emersioni di rocce piriche o vulcaniche, circondate da terreni ricchi di carbon fossile e di minerali metalliferi.

L'Europa meridionale può distinguersi in regione alpina e regione apenninica. La prima presenta dei grandi nuclei di rocce cristalline e metamorfiche, fiancheggiati da rocce paleozoiche, secondarie, terziarie e diluviali, con filoni metalliferi, ma senza carbon fossile e con qualche emersione

vulcanica; la seconda, od apenninica, comprende una lunga serie di monti, in cui, se si eccettui la sola catena metallifera toscana, che contiene esempi di terreni paleozoici e di abbondanti depositi metallici, dominano le rocce secondarie e terziarie, qua e là attraversate e ricoperte da altre d'origine vulcanica. La Corsica e la Sardegna presentano delle antiche isole cristalline, che non furono ricoperte se non saltuariamente da rocce secondarie e terziarie. Finalmente i monti dell'Illiria, della Croazia, sino in Turchia e in Grecia, sembrano una continuazione della regione alpina, mentre la parte meridionale della Francia, che comprende i bacini di Bordeaux, Tolosa e Tolone, s'avvicina alla regione apenninica pel grande sviluppo dei terreni cretacei e terziarii.

ASIA, AFRICA, AMERICA ED OCEANICA

470. Se ora passiamo dall'Europa nell'Asia, troviamo abbondanti schisti cristallini vulcanizzati a Smirne, nel Bosforo, ecc.; vasti depositi trachitici al lago di Van, all'Ararat, nei monti Elbourx, ecc.; alcuni depositi vulcanici ad Orfa e Sindjar, e nei dintorni del Mar Morto (*); varie grandi vallate con depositi pliocenici ricchi di petrolio, lignite, sale, solfo e salse, quali sono quelle del Kour nella Georgia e dell'Eufrate, e alcune catene montuose del tipo mediterraneo, cioè con terreni secondarii bene sviluppati, nella Siria, in Persia e nell'Asia minore occidentale.

La Siberia presenta estesissimi depositi di schisti cristallini, ammassi di gemme, sale, minerali metalliferi, ecc., e manca di rocce secondarie; e nella sua parte orientale,

(*) La natura vulcanica dei dintorni del Mar Morto è confermata anche dalle osservazioni fatte recentemente e riferite nel *Voyage aux villes maudites: Sodoma, Gomorrhe, Seboim, Adama, Zoar*, di Delessert e Salcy. Vincendo col coraggio e col sangue freddo i perigli d'un difficile viaggio, essi sono giunti a trovare le vere ruine di quelle città, a verificare la natura vulcanica del suolo e l'esistenza di numerosi crateri estinti, che dimostrano la natura della catastrofe da cui la Bibbia accenna essere state distrutte quelle città maledette (*Bibliothèque de Genève*, janvier, 1853).

che comprende il Kamtschatka e le isole Aleutiane, è occupata da frequenti emersioni trachitiche, basaltiche e da vulcani attivi. Gli schisti degli Urali e dell'Altai sono attraversati da emersioni dioritiche e granitiche, e da filoni di minerali diversi, e contengono ammassi di gesso, sale, ecc.

La China rappresenta forse l'Europa centrale colla sua ricchezza di carbon fossile, le sue rocce paleozoiche e secondarie, i bacini terziarii e i depositi di sale e di petrolio, mentre nel Giappone abbondano invece molte tra le rocce cristalline, metamorfiche, emersorie, vulcaniche e terziarie.

L'Indostan coll'isola di Ceylan presenta, come la Spagna, la Francia e la Scandinavia, un grande sviluppo di schisti cristallini e di rocce granitiche, qualche emersione di trappi e basalti nella regione dei Maratti, alcuni depositi di carbon fossile nella valle del Gange; e manca in generale di sedimenti secondarii e terziarii, i quali si trovano soltanto progredendo nel Cabul, nella Persia e nell'Arabia, insieme coi soliti depositi di gesso, solfo, ecc., che sempre li accompagnano.

L'Imalaia e le montagne che vi sono connesse rappresentano, ma in dimensioni assai ingrandite, le Alpi coi loro terreni secondarii e terziarii rialzati da un nucleo cristallino. Nella penisola al di là del Gange si incontrano schisti antichi e marmi, attraversati ora da graniti (Siam) ed ora da porfidi, miniere di stagno, d'oro, di platino e di gemme (Ava), mentre i depositi terziarii non abbondano che lungo le coste.

Le isole di Borneo, Celebes, Banca, Timor, che sono composte di schisti cristallini, porfidi, eufotidi, graniti, ecc., formano quasi un centro cui stanno intorno le altre isole della Sonda, le Filippine, le Molucche, ecc., ricche di depositi vulcanici, di vulcani attivi e di sedimenti terziarii.

La Nuova Olanda somiglia in alcune parti al nord d'Europa per gli schisti cristallini e le rocce paleozoiche, ed in altre alla zona mediterranea per le rocce secondarie e terziarie più abbondanti. Le altre grandi isole dell'Oceanica sono spesso formate di schisti cristallini, ma d'ordinario non

son altro che immensi banchi di polipai o le sommità di emersioni vulcaniche sottomarine.

L'America settentrionale somiglia, nella parte più boreale, alla zona nordica dell'Europa, e nei paesi verso l'Atlantico presenta una serie di schisti cristallini, di depositi di carbon fossile e di terreni cretacei e terziarii, con poche emersioni trappiche nella baia d'Hudson, nella Nuova Scozia, ecc., ma con frequenti tratti di suolo granitico. Un ammasso di strati orizzontali di terreni paleozoici, secondarii e terziarii, con gesso e sale, formano le regioni del Missouri, del Mississippi, dell'Ohio, mentre il carbon fossile si mostra abbondante solo ai piedi dei monti Alleghani e delle Montagne Pietrose. Il Messico forma una vasta regione ad altipiani, con rocce cristalline, calcaree giuresi e terziarie in bacini assai elevati, emersioni di porfidi, sieniti, graniti e trachiti ricche di minerali d'oro e d'argento, ed una serie di vulcani spenti ed attivi.

Le grandi Antille, che sono di struttura analoga a quella del Messico, e le altre piccole isole, quasi interamente vulcaniche o formate di polipai, formano, come la catena di Guatemala e di Panama ricca di vulcani, un passaggio dall'America settentrionale alla meridionale.

Il Brasile forma, insieme colle Guiane, una vasta contrada, tutta di schisti cristallini, quarziti, dioriti, graniti, ricca di gemme e di ammassi metalliferi, e con pochi lembi secondarii, terziarii e alluvionali nei bacini delle Amazzoni, del Parana, del Rio-Janeiro e lungo le costè. Nella Colombia, che sta fra il Brasile, l'Oceano Pacifico e il mare delle Antille, gli schisti cristallini e paleozoici, che ne formano il nucleo, sono ricoperti qua e là da sedimenti con carbon fossile, sollevati a sterminate altezze e attraversati da qualche vulcano nella catena delle Ande. Il Perù somiglia alla Colombia, ma è caratterizzato specialmente dai giganteschi vulcani delle Ande, formati da grandi cupole trachitiche o sienitiche, tra cui altri sono estinti ed altri sono tuttavia in azione; ed anche in questa regione elevata, come nel centro dell'Asia, non sono infrequenti i laghi d'acqua

dolce ad altezze grandissime. Gli schisti cristallini, le trachiti, i combustibili fossili e i vulcani caratterizzano anche il Chili, che riesce però distinto pei lembi di sedimenti conchigliiferi moderni che si stendono lungo le sue spiagge. Finalmente l'estremità australe dell'America presenta verso l'Oceano Pacifico alcuni schisti cristallini attraversati da rocce emersorie, e verso l'Atlantico altri schisti cristallini ricoperti da immensi bacini cretacei e terziarii.

Venendo ora all'Africa, sembra che nel suo centro abbondino le emersioni granitiche e gli schisti cristallini, come al capo di Buona Speranza, insieme coi sedimenti secondarii e terziarii. Fra il Nilo e il Mar Rosso si trovano tracce di vulcani estinti; l'Egitto e l'Etiopia hanno il suolo formato da schisti cristallini, emersioni granitiche e varii depositi cretacei e terziarii. Finalmente varie rocce cristalline formano l'isola di Madagascar; vulcaniche sono le altre isole vicine, le Azzorre, ecc., mentre il suolo terziario del deserto di Saara è limitato verso il sud da una catena di monti analoghi alle Alpi e separato dalla zona mediterranea per mezzo di altri monti che si estendono sin allo stretto di Gibilterra, e rappresentano gli Apennini o le Alpi.

GEOGENIA

171. Costretti dai limiti che ci siamo prescritti, chiuderemo questo breve sunto di Geologia con poche parole sulla parte teorica di questa scienza, appoggiandoci sui fatti fin qui indicati.

172. Fusione primitiva del globo. — Il globo terrestre ha la stessa forma che prenderebbe ogni massa fluida o pastosa che avesse le dimensioni e la densità della terra, e ruotasse intorno al proprio asse colla stessa velocità con cui ruota la terra. Il calore va crescendo nell'interno del globo in modo da rendere probabile l'esistenza di un nucleo centrale fuso ricoperto da una sottile crosta solida. In

ogni terreno sedimentario vi hanno tracce di dislocazioni e di cataclismi dovuti all'emersione di rocce fuse, analoghe a quelle che escono oggidì dai vulcani. La densità della terra è tale da non potersi supporre raccolta nel suo interno un'immensa quantità d'acqua. La maggior parte delle rocce per disciogliersi nell'acqua ne richiederebbe una quantità assai maggiore dello stesso volume del globo; e sono invece tutte fusibili per l'effetto del calore. Nelle epoche in cui si deponavano tutti i terreni anteriori all'attuale vi era sempre alla superficie di tutto il globo una temperatura uniforme, analoga a quella delle zone torride attuali, e senza alcuna traccia di linee isotermitiche; il che prova che quel calore non aveva origine dai soli raggi solari. Infine gli astronomi affermano esistere negli immensi spazii dell'universo un gran numero di astri, spesso di un volume maggiore di quello di tutto insieme il nostro sistema solare, alcuni formati intieramente di sostanze vaporose ed altri composti di un involucro vaporoso e d'un nucleo solido che sembra formarsi per la condensazione dello stesso involucro vaporoso.

Da questi fatti che ci sono offerti dalla Geologia e dall'Astronomia è naturale il dedurre che è assai probabile che una volta, per effetto d'un calore superiore ad ogni immaginazione, tutte le sostanze che ora compongono il globo si siano trovate allo stato di vapori; che questi vapori, condensandosi, abbian dato origine ad un globo di sostanze liquide; e che in seguito, per la continua irradiazione del calore, queste sostanze liquide siansi a poco a poco solidificate alla superficie, formando una crosta che andò mano mano ingrossandosi e difendendo dal rapido raffreddamento la massa fusa rimasta nell'interno del globo.

Tale è, in brevi parole, la teoria della fusione primitiva del globo e del calore centrale. Essa è fondata sopra deduzioni tolte da numerosi fatti; ma non possiede ancora e forse non potrà mai acquistare il carattere della certezza. Che però essa si avvicini molto al vero lo provano non solo i fatti stessi sui quali è fondata, ma ben anche le

conseguenze che se ne deducono, e la facilità e naturalezza colla quale si presta a dar spiegazione a tutti i fenomeni geologici presenti e passati.

173. Fenomeni vulcanici e terremoti. — Tenuta per vera la teoria del calore centrale e dell'esistenza d'una massa fusa sotto ad una crosta solida, non è più necessario immaginare, con Lemery, l'esistenza di grandi ammassi sotterranei di solfo, ferro ed acqua, o di piriti ed acqua; coi Verneriani quella di estesissimi incendi di bitumi e carboni fossili raccolti sotterra, o con Davy e Gay-Lussac la veemente ossidazione di metalli alcalini pel contatto dell'acqua marina, a fin di trovare una spiegazione dei fenomeni vulcanici (*).

(*) Lemery fece una pasta di limatura di ferro, solfo ed acqua, e la rinchiuse sotterra alla profondità d'un piede; a capo di dieci ore il terreno si screpolò e ne uscirono vapori solforosi e fiamme. Ammise egli per conseguenza che un fenomeno analogo avvenga nell'interno della terra, pel contatto fortuito di correnti acquee sotterranee e di grandi ammassi di piriti contenuti nelle rocce. Ma gli si può opporre che le piriti esistono bensì sotterra, ma in quantità troppo piccola per nudrire i fuochi dei vulcani; e che d'altra parte i prodotti che si ottengono in quella esperienza, non eguagliando quelli che si sviluppano nei vulcani, sono un argomento contrario alla sua ipotesi.

I Verneriani, o seguaci di Werner, ammisero gli incendi di immensi depositi sotterranei di bitume e carbon fossile come cause dei vulcani; ma la maggior parte dei vulcani si trova in terreni ove non s'incontrano mai né carbon fossili né bitumi, e gli incendi sotterranei di queste sostanze producono in realtà, come abbiamo veduto in addietro, ben altri effetti che quelli che si osservano nei vulcani.

Davy, dopo avere scoperti i metalli potassio e sodio, che hanno la singolare proprietà di scomporre l'acqua anche all'ordinaria temperatura, appropriandosene l'ossigeno, dando origine all'accensione dell'idrogeno rimasto in libertà e producendo per tal modo calore, fiamme e nuovi composti ossigenati, suppose che nell'interno del globo esistessero immensi ammassi di quei metalli, e che i fenomeni vulcanici fossero prodotti dalla scomposizione dell'acqua del mare, arrivata a contatto di essi per mezzo di sotterranee infiltrazioni. In tal modo egli spiegava l'emissione dei vapori acquei dai vulcani, e il trovarsi questi per lo più vicino al mare; ma gli si obiettò che, essendo quei metalli più leggeri dell'acqua, la terra non avrebbe la sua attuale densità se il suo interno fosse composto di quei metalli; che si produrrebbero assai più fiamme di quel che si producono in realtà, ecc.; ed egli stesso, l'illustre chimico inglese, trovando la propria teoria troppo debole, l'abbandonò prima della sua morte. Dopo

Infatti Cordier, supponendo che la crosta solida del globo vada contraendosi pel lentissimo raffreddamento, e che tale contrazione sia maggiore di quella del nucleo ancora fuso, sosteneva che la crosta preme su questo nucleo e sforza ad uscire dalle bocche dei vulcani le lave fuse che ne formano lo strato superficiale. Ma si può opporgli che le eruzioni non avvengono da per tutto nello stesso tempo; che spesso vedonsi le lave giungere sino alla cima dei vulcani più elevati e rimanere stazionarie alla bocca di quelli più bassi, mentre, secondo la sua ipotesi, dovrebbero invece sollevarsi da per tutto alla stessa altezza, e sgorgare quindi dai vulcani minori e non giungere neppure sino ai crateri di quelli più alti; e che la sua ipotesi non spiega la produzione del vapore acqueo ed altri fenomeni secondarii.

Elia de Beaumont suppose che fra la crosta solida e la massa fluida vi siano qua e là dei vacui nei quali si accumulino dei gas, sviluppati dalle stesse materie fuse in cui dapprima erano disciolti; e che questi gas, giunti ad avere una certa forza, vincano il peso delle lave e gli altri ostacoli e le spingano fuori dei crateri. Se in rispondenza di alcuno tra quei vacui in cui si accumulano i gas non esiste già qualche vulcano aperto, ei crede possibile che quelle sostanze aeriformi acquistino tal forza da rompere e sollevare la crosta, e dar origine in breve tempo a novelli vulcani. Se poi la loro forza, soggiung' egli, non è bastevole a rompere e sollevare la crosta, gli urti prodotti dal loro smuoversi al di sotto di essa possono produrre i ter-

qualche tempo però, un altro chimico sommo, Gay-Lussac, riprese quella teoria, ed approfittando della recente scoperta di altri metalli capaci, come il potassio e il sodio, di scomporre l'acqua, suppose che nell'interno del globo, oltre a quei due metalli alcalini, si trovassero anche quelli della silice e dell'allumina, ma combinati col cloro; che il contatto dell'acqua con quei cloruri fosse l'alimento dei fuochi vulcanici, e che l'idrogeno sviluppato, combinandosi col cloro, desse origine all'acido idroclorico che s'incontra nelle eruzioni dei vulcani. In generale però si può osservare che queste ipotesi puramente chimiche non bastano a spiegare tutti i fenomeni che si osservano nei vulcani.

remoti. Ma anche questa ipotesi non spiega la produzione del vapore acqueo e dei gas idrogenati che si svolgono dai vulcani.

Angelot, non ritenendo bastevoli i gas emanati dalla parte fluida interna del globo, ammise che vi si aggiungano i vapori acquei prodotti dall'acqua del mare, discesa attraverso certe fenditure della crosta solida e giunta al contatto della materia fusa. Secondo i suoi calcoli, quest'acqua potrebbe, per effetto dell'enorme pressione prodotta dall'altezza delle acque del mare, essere mantenuta a contatto delle materie fuse, non ostante la tensione dei vapori da essa prodotti e della pressione esercitata dal peso della crosta solida. I gas svolti dal nucleo fuso ed i vapori si accumulerebbero insieme, secondo lui, nei vani fra la crosta solida ed il nucleo fuso, ed eserciterebbero la loro forza elastica contro le lave che spingerebbero fuori, dando nello stesso tempo origine ad immensi getti di vapore acqueo, di gas idrogenati (idrogeno, acido cloridrico, ecc.) prodotti dalla scomposizione dell'acqua stessa, del sal marino e d'altre sostanze, pel soverchio calore delle lave. Questi calcoli di Angelot provano la possibilità di questa teoria, la quale per altro non ha bisogno di ammettere per ogni vulcano una fessura attraverso la crosta solida, e può sussistere anche quando si ammetta una sola fessura, od un solo sistema di fessure per molti vulcani; giacchè non sarebbe impossibile che l'acqua, discesa per quelle fessure e compressa fra il nucleo fuso e la corteccia con tal forza da rimaner liquida non ostante l'intenso calore, avesse agio di portarsi da una parte o dall'altra, a seconda delle sporgenze della superficie interna della crosta e degli ostacoli che esse devono opporre ai suoi movimenti, e venisse per tal modo ad incontrare or l'uno ed or l'altro degli spiragli vulcanici, e quivi, riducendosi in vapore per la diminuita pressione, cacciasse le lave fuori dei crateri stabili od avventizii.

Recentemente il professor Belli, in una Memoria inserita nel Giornale dell'Istituto Lombardo, dimostrò col

mezzo di lunghe e difficili ricerche di calcolo, che non vi può essere spazio vuoto fra la crosta solida e la parte liquida, e che se per caso questa si contraesse, la corteccia solida, a motivo della sua insufficiente tenacità, non potrebbe sostenersi da sè armo' di vòlta, ma si romperebbe e verrebbe di nuovo ad appoggiarsi sulla parte liquida.

Alla teoria che ammette in generale un nucleo fuso ed una crosta solida sovr'esso appoggiata fu obiettato « l'alto grado di stabilità che il nostro pianeta dimostra d'aver raggiunto alla sua superficie; la quale d'altronde, anche là dove può tuttavia subire qualche debole cambiamento di livello, o il fa in modo istantaneo, sicchè le regioni spostate perdono immediatamente ogni mobilità, o il fa progressivamente con grande lentezza e sorprendente regolarità, nè mai con quel rapido avvicinarsi di tumefazioni e di avvallamenti che sarebbe prodotto dalle fluttuazioni del liquido, ch'essa pur dovrebbe seguire in ogni suo movimento (*). » Ma, risponderebbe il professor Belli, supponiamo pure che la crosta solida del globo sia flessibile, anzi cedevolissima, perfino come un suolo di tavole non legate fra loro e soltanto ravvicinate pei lembi e galleggianti sopra una grande estensione di materia liquida: quali sono le cause che potrebbero metter in movimento in qualunque modo il nucleo liquido del globo e la mobile crosta che sovr'esso si appoggia? I venti no certo, e neppure ogni altra forza analoga che agisca soltanto nell'atmosfera; solamente l'attrazione del sole e della luna potrebbe produrvi qualche movimento simile a maree, giacchè non è probabile che il continuo svilupparsi delle sostanze aeriformi disciolte nel liquido possa smuoverlo al punto da comunicare qualche movimento sensibile anche alla crosta che ha lo spessore di 20 a 40 chilometri. Ora, la differenza d'altezza fra l'alta e la bassa marea è di circa un metro, e non giunge mai ad oltre 16 metri anche nei luoghi ove le acque sono rac-

(*) *Gli esperimenti sulla formazione delle montagne*, comunicazione di Paolo Gorini. Milano, 1852, pag. 104.

chiuse fra terre, in mari interni o canali. Avvenga pure nel nucleo liquido un movimento analogo alle maree, e pel quale il raggio terrestre, lungo più di 6,000.000 di metri, ora si allungherebbe ed ora si accorcerebbe di tanto da non esservi mai più di 20 metri di differenza fra la massima e la minima sua lunghezza. Questo movimento non solo riuscirebbe insensibile per la maggior parte degli uomini, a motivo della sua lentezza e regolarità, e perchè essi stessi vi parteciperebbero insieme col suolo; ma gli stessi astronomi e fisici cogli strumenti più perfetti e coi calcoli più esatti non riuscirebbero neppur essi a valutarlo e nemmeno ad accorgersene. Ed ecco a che si riducono tutti i movimenti a cui può andar soggetto il liquido interno terrestre, e con esso la crosta solida che sopra vi si adagia. Se si osserva poi che questa crosta solida del globo, presa nel suo insieme, può ritenersi flessibile e un po' cedevole, e che ogni sua parte, considerata isolatamente, è solida e rigida, perchè solide e rigide sono le masse che la compongono, s'intende facilmente come la superficie del nostro pianeta sembri stabile all'uomo che vi sta sopra; nello stesso modo che i vari pezzi d' un antica armatura di ferro, mobili gli uni sugli altri, qualora siano soggetti ad un movimento così poco sensibile da potersi paragonare a quello prodotto dalle maree nel liquido interno terrestre, possono sembrare stabili ad un moscherino che vi sia collocato sopra (*). I trovati del professor Belli non possono

(*) A complimento di queste osservazioni generali sulle maree del liquido interno terrestre, che scelsi tra le varie fattemi dallo stesso professor Belli un giorno che lo interrogai sopra quell'argomento, aggiungerci volentieri tutta intera una lettera che egli mi scrisse gentilmente qualche tempo dopo, per rispondere alla mia domanda: non potrebbero per avventura le maree del liquido interno terrestre essere di molto maggiore altezza che quelle del mare, in conseguenza dell'enorme volume di esso liquido? Ma per la ristrettezza dello spazio mi limiterò a darne un breve sunto: ed a ciò mi risolsi più facilmente dacchè seppi che questo argomento verrà da lui trattato con molto maggiore estensione e in una apposita Memoria, che verrà inserita nel Giornale dell'Istituto Lombardo.

Vi sarà certamente un' influenza dell' attrazione solare e lunare sul liquido interno terrestre, ma dev'essere d' una grandezza affatto incon-

quindi, in quanto alla stabilità della corteccia del globo, essere ritenuti contrarii alla teoria geologica che egli professava e che crediamo differisca di poco da quella di Angelot.

eludente. Difatti le acque del mare devono le variazioni delle loro maree alle correnti, ai venti periodici e accidentali, alla diversa larghezza e profondità dei mari; e siccome queste circostanze mancano nel liquido interno, così le sue maree devono essere sottoposte soltanto all'influenza delle forze attrattive da cui derivano. Ora, i calcoli dei fisici trovarono che, se il globo fosse tutto della stessa densità, la differenza fra la massima e la minima elevazione d'un medesimo punto superficiale, per effetto delle sole forze attrattive, non dovrebb'essere maggiore di due metri; e ciò tanto essendo liquida tutta la massa terrestre, quanto essendo soltanto coperta in tutti i punti da uno strato liquido superficiale, la cui profondità, o poca o molta, uniforme in tutti i luoghi ovvero variata, non influirebbe sulla definitiva forma d'equilibrio, ma solamente sulla prontezza nell'acquistarla e sui movimenti della materia liquida a ciò necessarii. • Siccome poi la densità della terra cresce verso il centro, ne consegue che quella differenza dovrebb'essere ancora più piccola e ridotta, secondo i calcoli fatti in proposito, a circa un metro e mezzo: differenza sì piccola da sfuggire non solo alle osservazioni volgari, ma anche alle più delicate degli astronomi.

Considerando poi la terra nel suo vero stato attuale, si trova che le ineguaglianze sì esterne come interne della crosta solida non devono recar molto incaglio ai movimenti del liquido interno e quindi non alterare sensibilmente le sue maree; che essendo la crosta flessibile e non affatto rigida, non può rompersi pel solo effetto di quelle maree, e si adatta invece ai moti del liquido interno; che soltanto quando fosse prossimo a succedere qualche sconvolgimento geologico atto a dar origine a catene montuose, le maree interne potrebbero accelerarne di qualche poco la produzione; che neppure nelle bocche dei vulcani minori (come allo Stromboli ed a quello delle isole Sandwick) dev'esser possibile l'osservare le variazioni di livello del liquido interno, e ciò a motivo della piccolezza di quelle variazioni, dei movimenti irregolari delle lave bollenti nei crateri e della partecipazione della crosta solida ai moti del liquido interno; e finalmente che le variazioni d'altezza delle acque dei mari in conseguenza delle loro maree devono, per la varia pressione che le acque esercitano sulla crosta solida a seconda della loro varia altezza, esercitare una certa influenza sulle maree interne e quasi sempre tale da renderle ancora meno sensibili.

Nella sua Memoria credo che il professor Belli, dopo che avrà sviluppato in tutta la loro estensione queste ricerche generali sulle maree interne, si occuperà di varii dubbii che possono nascere ancora intorno a questo argomento, e in ispecial modo sulle relazioni fra le maree del liquido terrestre e quelle dell'Oceano, che insieme concorrono a dare al globo la forma d'equilibrio voluta dalle leggi dell'attrazione universale.

Il professor Belli provò poi, nella seconda parte della stessa Memoria, che la crosta solida è più densa della sostanza liquida sottoposta (la quale però va mano mano diventando più densa coll'avvicinarsi al centro della terra); e che, per effetto di questa differenza di densità, la parte fusa è costretta dal peso della crosta solida a sollevarsi sino ad una certa altezza sul livello del mare, entro i canali dei vulcani: il che spiegherebbe perchè la lava giunga sempre sino ai crateri dei vulcani meno elevati, per esempio a quello di Stromboli, mentre invece si solleva di rado a quelli dei vulcani più alti, e vi è spinta dagli svolgimenti straordinarii di gas e di vapore acqueo.

Da siffatte premesse è facile dedurre quale possa essere il restante della teoria. Ai gas che si svolgono naturalmente dalle lave fuse ed ai vapori prodotti dalle infiltrazioni dell'acqua del mare si possono aggiungere quelli prodotti dall'acqua piovana raccolta in qualche modo in alcune cavità del suolo, e che irrompa d'un tratto sulla lava fusa per la rottura delle pareti di quelle cavità; nell'istesso modo che l'acqua ricca di pesci e racchiusa entro alcune cavità presso ai vulcani d'America vi si precipita quando si rompono le pareti delle cavità e viene poi eruttata dai vulcani stessi allo stato di fango. Il professor Belli ci sembra inclinato a trovare nei vapori in tal modo prodotti dall'acqua piovana la causa delle eruzioni vulcaniche, quella cioè che solleva la lava dall'ordinario suo livello nei condotti vulcanici sino ai loro orificii. Ma devesi sempre ricorrere all'acqua del mare per spiegare nel modo più semplice la produzione dell'acido idroclorico così copioso nei getti di vapore dei vulcani d'Italia.

Conchiuderemo dicendo che quelle sostanze aeriformi e que' vapori acquei, accumulandosi qua e là in qualche cavità sotterranea fra la crosta solida e le lave fuse, possono esercitare la loro tensione contro le pareti di quelle cavità e sulle lave. Se queste non trovano ostacolo a muoversi, i vapori escono in bolle attraverso ad esse, come avviene sempre allo Stromboli; se invece trovano qualche ostacolo,

le sostanze aeriformi vanno aumentando in tensione finchè li vincono e fanno uscire le lave dai crateri e dai crepacci laterali, producendo le eruzioni vulcaniche. Che se vicino al luogo ove si accumulano quei gas e vapori non v'ha un'apertura vulcanica, od esiste ma ingombra dalle lave solidificate, essi, tendendo ad espandersi ed aumentando sempre più in forza e quantità, producono scosse, rotture e sconvolgimenti nella crosta solida, cioè tutti i fenomeni dei terremoti, finchè trovano uno sfogo nel produrre un'eruzione in qualche vulcano vicino o nell'aprirne uno nuovo, come il Monte Nuovo, l'orullo, ecc.

174. Origine delle montagne. — Fra le varie teorie proposte per spiegare l'origine delle montagne, quella che più sembra avvicinarsi alla verità è la teoria fondata sull'ammissione d'un calore centrale sì forte da mantener fuse le rocce sotto ad una crosta solida superficiale. Il numero, la periodicità e la somiglianza fra i sistemi di montagne esclude infatti ogni teoria fondata sopra cause cosmologiche; l'urto d'un corpo in moto, per esempio di una cometa, avrebbe prodotto nella crosta solida del globo dislocazioni dirette a raggi e non parallele come sono in realtà; e la nessuna relazione fra i sistemi di montagne e i poli indica che la loro origine non devesi attribuire a cangiamenti di direzione nell'asse terrestre. Tutte le teorie che fanno dipendere l'origine delle montagne da cause cosmologiche, dall'urto d'una cometa o da un cangiamento nella direzione dell'asse terrestre non sono ammissibili, come non lo è neppur quella di Buffon, nella quale non si tien conto della varia disposizione degli strati, e si ammette che la terra sia un frammento della massa incandescente del sole, staccata e lanciata nello spazio dall'urto d'una cometa, solidificata e poi ricoperta dalle acque, che dapprima la rivestivano in forma di vapore; e che le montagne e le valli siano i risultati della corrosione esercitata dalle correnti acquee sugli strati sedimentarii prodotti dapprima dalle stesse acque condensate alla superficie del globo.

La successione delle epoche di riposo, durante le quali si depositarono i terreni sedimentarii, e dei cataclismi, per cui quei terreni furono sollevati a formare le catene montuose, mostra che per trovare l'origine probabile delle montagne bisogna cercare una causa che sia suscettibile di lunghi riposi seguiti da subitanei sconvolgimenti.

Le azioni vulcaniche si presentano naturalmente al pensiero; ma esse non sono paragonabili agli effetti di cui ora si tratta se non quando si dia alla vulcanicità un significato assai ampio, cioè quando si definisca con Humboldt: *la reazione dell'interno del globo contro il suo inviluppo esterno nei diversi suoi stadii di raffreddamento*. Infatti, mentre le lave escono liquide, i melafiri e le altre rocce delle catene montuose sono uscite allo stato pastoso; i vulcani sono allineati lungo le catene montuose soltanto perchè le forze sotterranee trovarono in que' luoghi più facile ad aprirsi la crosta terrestre; è nemmeno una serie continua di vulcani avrebbe potuto produrre una catena di monti nella quale gli strati fossero così continui e sempre con direzioni fra loro collegate come si trovano nelle vere catene. Gli stessi fenomeni vulcanici però e le osservazioni termometriche fatte nelle profondità terrestri provano l'esistenza di rocce fuse al di sotto d'una crosta solida superficiale, e con ciò danno un fondamento all'opinione che una volta tutto il globo o almeno la parte vicina alla superficie, fosse allo stato di fusione ignea e che le montagne siano una conseguenza del suo lento raffreddarsi, come sono effetto del raffreddarsi dell'argento le ineguaglianze che si formano sovr'esso quando, dopo essere stato fuso, si lascia solidificare con lentezza.

Le esperienze di Bischof, Deville, Delesse ed altri provano che le rocce, passando dallo stato liquido allo stato solido cristallino, non si dilatano come l'acqua, ma al contrario diminuiscono di volume; e che qualora il globo fosse tutto formato da rocce cristalline in fusione, il loro raffreddamento vi produrrebbe una tale contrazione che la

lunghezza del raggio terrestre diminuirebbe di quasi 1500 metri (*).

Altre ricerche provano in oltre che, se tutto il globo fosse stato una volta in fusione, sarebbero passati più di 38,000 anni dal principio del raffreddamento sino al tempo in cui il raffreddamento annuale della superficie avrebbe cessato di essere più grande di quello del suo interno, e dopo il quale il raffreddamento della massa interna avrebbe cominciato ad essere maggiore di quello della superficie. Questo risultato può esser vero, qualunque sia stata la temperatura iniziale, e tanto nel caso che il globo sia stato in principio tutto fuso per effetto d'un intenso calore originario, quanto in quello che si sia fuso soltanto nella parte più vicina alla superficie, passando, come credeva Poisson, per qualche regione caldissima dello spazio. Possiamo dunque ammettere che, dal momento in cui si è formata la prima crosta solida, la parte interna sia andata raffreddandosi più presto di essa, e che quindi, la diminuzione di volume della parte interna essendo stata maggiore della diminuzione di capacità della crosta solida, questa abbia dovuto tender sempre ad appoggiarsi sulla massa fusa, abbassandosi in alcuni luoghi a mo' di ammaccature e producendo in altri un insieme di gobbe, pieghe e fratture che diedero origine ai sistemi di montagne.

« Senza dubbio, dice E. de Beaumont, devesi tener conto anche delle forze espansive che si sviluppano nei focolari vulcanici e di quelle che, durante la consolidazione delle rocce, hanno potuto agire in un modo analogo a quello di cui vedonsi gli effetti negli ingegnosi e curiosi esperimenti del signor Gorini. Queste forze espansive hanno agito in senso contrario della diminuzione generale del volume delle masse interne prodotta dall'abbassamento di temperatura; ed una forza espansiva locale, qual'è quella

(*) Quasi tutto ciò che esponiamo qui intorno alla teoria dell'origine delle montagne fu estratto dall'opera *Notice sur les systèmes des montagnes*, di E. de Beaumont, pubblicata a Parigi nel 1832.

d'un focolare vulcanico, ha potuto essere l'occasione che determinò la formazione subitanea d'una ripiegatura o di qualunque altro rialzo nella crosta esterna della terra. Ma la scoperta della diminuzione in volume che subiscono le rocce nel solidificarsi aggiunge un nuovo grado di probabilità alla spiegazione dei grandi fenomeni geologici dedotta dalla contrazione della massa interna del globo. »

Vediamo ora come colla contrazione della massa interna che si raffredda si possa spiegare la formazione delle catene di montagne.

Ammettiamo che tutto il globo sia allo stato di fusione e che vi si formi, pel suo raffreddamento, una crosta solida, assai sottile ed elastica, inetta a sostenersi da sè a guisa di volta, e che poscia il raffreddamento annuale della parte interna rimasta fusa divenga maggiore di quello della crosta, e per conseguenza la parte interna si contragga più della crosta; è chiaro che questa dovrà tendere continuamente ad appoggiarsi sulla parte interna che va sempre più diminuendo di volume. Per questo suo abbassamento la crosta solida dovrà allontanarsi alcun poco dalla forma sferica, smovendosi lentamente qua e là in modo da produrre alla superficie ora delle convessità a mo' di gobbe, ed ora delle concavità analoghe alle ammaccature che si fanno sui vasi di rame.

Continuando la contrazione della parte interna, la crosta dovrà tendere sempre con maggior forza a diminuire la sua capacità senza però allontanarsi molto dalla forma d'equilibrio, ossia dalla forma sferica; e questa tendenza darà origine ad un sistema di forze sempre crescenti, le quali finiranno col diminuire l'incomoda ampiezza della crosta mediante la formazione subitanea d'una ripiegatura o d'un sistema di ripiegature e di dislocazioni.

La forma più naturale di questo sistema di ripiegature sarà quella compresa fra due cerchi massimi, cioè simile alle liste di carta con cui si formano i palloni; giacchè in ogni altro modo non si potrebbe diminuire la capacità della crosta solida senza allontanarsi di troppo dalla forma sfe-

rica. E questa forma dei sistemi di ripiegature e di dislocazioni abbiamo veduto in addietro essere la stessa che presentano le zone occupate dalle catene montuose dei singoli sistemi di montagne.

Le depressioni della superficie terrestre in cui stanno raccolte le acque dei mari, quella dei dintorni del mar Caspio (che è 25 metri circa più basso del Mediterraneo), ed altre simili, che sembrano concavità per essere meno convesse del resto della superficie terrestre (*), sono forse altrettante di quelle ammaccature prodotte dalla contrazione della massa interna del globo (**); e risulta dai calcoli che i raggi terrestri ad esse corrispondenti sono di soli due millionesimi più brevi del raggio medio. Altre località in America ed in Europa presentano invece delle convessità maggiori dell'ordinaria, senza alcuna traccia di dislocazioni; ma tutte insieme le concavità e le protuberanze alterano sì poco la superficie della terra che, quando si faccia astrazione dell'appiattimento ai poli, essa si può ancora considerare come una sfera perfetta. Possiamo dunque credere che la formazione di queste ineguaglianze senza rotture, dislocazioni e ripiegamenti abbia prodotto nella forma generale della terra alterazioni analoghe a quelle cagionate nella forma d'una volta di mattoni dal lievissimo suo smuoversi quando se ne levano le centine.

La produzione delle catene montuose avverrebbe, secondo questa teoria, in seguito alla rottura della crosta superficiale, prodotta dalle pressioni laterali nelle varie sue parti

(*) Come per le montagne, anche per queste apparenti concavità, a fine di averne una giusta idea, devesi tener calcolo della loro estensione, della loro profondità e della forma del loro fondo, e non fidarsi mai né delle apparenze che offrono al solo guardarle, né degli spaccati, quasi sempre esagerati e inesatti, che le rappresentano.

(**) Questo paragone fra le cavità dei mari e le depressioni della crosta solida per effetto della contrazione della parte interna sembra ancor più giusto allorché si consideri che il fondo del mare è una continuazione del continente, essendo esso quasi orizzontale presso la terra ferma pochissimo inclinata, dirupato là dove fa seguito a regioni assai montuose, e ripieno di scogli presso i paesi molto frastagliati da catene montuose con direzioni assai differenti fra loro.

che si abbassano; avverrebbe cioè in un modo analogo a quello con cui si romperebbe una vòlta di mattoni troppo debole per sostenersi da sè, ed appoggiata sopra un liquido pastoso che vada raffreddandosi. Essa si abbasserebbe a poco a poco insieme col liquido, e finirebbe col rompersi secondo direzioni particolari, in causa delle reciproche pressioni laterali dei mattoni che la compongono; si romperebbe cioè in modo che la maggior quantità dei mattoni, senza smuoversi e disgregarsi, verrebbe ad appoggiarsi sul liquido, ed un piccol numero di essi si sposterebbe lungo una linea o lungo parecchie linee parallele, essendo cacciati gli uni in basso e gli altri in alto dalle spinte laterali. I mattoni spinti in alto e sporgenti al di sopra della superficie regolare della vòlta rappresenterebbero gli strati terrestri smossi e sollevati a formare le catene montuose; e il liquido sòrto qua e là tra i mattoni rappresenterebbe le emersioni delle rocce ignee, le quali in generale appaiono sorte allo stato pastoso, lungo le spaccature degli strati, e solidificate in breve tempo, senza lasciar tracce di stratificazione o di altra disposizione regolare. Che se la vòlta non fosse composta di mattoni ma di sostanze stratificate, continue e un po' flessibili, queste, ripiegandosi e rompendosi per le pressioni laterali, rappresenterebbero ancora meglio i ripiegamenti, le contorsioni e la posizione verticale ed anche rovesciata degli strati nelle catene montuose, non che tutte le fratture che vi costituiscono le valli, le gole, i burroni, ecc.

Come i contorcimenti, i ripiegamenti e le rotture degli strati, e le valli trasversali e minori, anche tutti gli altri accidenti che si osservano nelle montagne si spiegano colla teoria qui esposta, di Elia de Beaumont.

Le rocce che si formarono per le prime furono stratificate e cristalline, perchè prodotte dal solidificarsi successivo di straterelli di materia fusa, cominciando dalla superficie e progredendo verso il centro del globo: e tali sono i gneiss e micaschisti e le altre rocce cristalline che si appoggiano immediatamente sulle rocce emersorie com-

patte, e formano come la base di tutte le rocce stratificate.

Quando le rocce emersorie furono così pastose da solidificarsi appena uscite alla superficie della terra, acquistano la forma tondeggiante che distingue alcuni monti di rocce ignee, nello stesso modo che una goccia di piombo fuso, spinta fuori da una piccola apertura e che si raffreddi istantaneamente senza spandersi all'intorno, produce un'eminenza più o meno simile ad un emisfero.

Quando gli strati sono rotti, rialzati da una parte e lasciati a lor posto dall'altra, il versante in cui si vedono le superficie di rottura degli strati presenta necessariamente un pendio molto più scosceso che l'altro, a cui corrispondono i piani di stratificazione. Gli è per questo che, per esempio, nella catena fra le valli meridionali lombarde e la Valtellina, è più ripido il versante settentrionale che il meridionale; nello stesso modo che nei vulcani le pareti interne dei crateri di sollevamento sono assai scoscese, mentre la superficie conica esterna è in generale poco inclinata.

La rottura degli strati che fornirono i materiali per ricompare le valli e le continue alterazioni prodotte dagli agenti atmosferici danno la spiegazione della forma acuminata delle montagne di rocce sedimentarie; e la maniera speciale di alterarsi e rompersi delle dolomie spiega il perchè i monti che ne sono formati sono sempre a punte frastagliate; mentre il pronto solidificarsi delle rocce ignee e l'azione corrosiva degli agenti esterni spiegano la forma conica e acuminata di certi monti di granito, di porfido, ecc. (*).

(*) Un bell'esempio del modo con cui le intemperie concorsero a dare la forma attuale alle montagne si vede in alcuni grandi ammassi di ghiaie e sabbie dolomiche cadute dalle rapide balze dei monti della sponda occidentale del lago di Lecco, presso le cave di calce. Quegli ammassi, che in origine dovevano avere la forma conica, come tutti gli altri cumuli di rottami provenienti dalle gole dei monti, sembrano oggidì come altrettante catene montuose in miniatura, presentando le creste continue, i versanti regolari, le valli maggiori, le vallette, le gole e i burroni che

Quando gli strati sono rotti e sollevati in modo da riescire ancora orizzontali o pochissimo inclinati, le montagne possono terminare con altipiani; e tale è, per esempio, la probabile origine del Piano del Tivano presso al Monte San Primo in Vallassina.

Se la superficie superiore d'uno strato fu messa a nudo per lungo tratto in una montagna per effetto di qualche corrosione o di altre cause consimili, quella montagna presenta in uno de' suoi fianchi una superficie piana continuata per molta estensione; mentre gli strati rialzati ed in vario modo rotti ed alterati ponno dar origine a grandiose gradinate.

La continua erosione delle rocce per effetto delle onde, o la posizione verticale degli strati, od ambedue queste cause insieme e talora anche il raffreddarsi e il rapprendersi subitamente d'una corrente vulcanica al suo giungere al mare, possono aver dato origine alle coste verticali o scoscese di certi promontorii.

A chi finalmente domandasse ai geologi seguaci di Beaumont: come avvenne che le montagne seppero incontrare tutte quante le isole e tutti i terreni alquanto elevati? essi risponderebbero che le montagne non andarono mai a cercare le isole, che queste non sono altro che le cime delle montagne sorte dal fondo del mare, e che le pianure, più o meno alte e più o meno inclinate, disposte alle falde dei monti, sono formate dagli strati sollevati e ricoperti dai detriti delle rocce delle montagne.

Siccome dal momento in cui si formò la prima crosta solida sino ad ora non cessarono mai di aumentare il raffreddamento della parte fusa è la contrazione che ne deriva, così è facile concepire come, fatto un primo sistema

si vedono nelle vere montagne. Se una tale alterazione fu prodotta dalle intemperie in un piccolo numero di anni negli ammassi di sostanze incipienti, non potrebbe dirsi che le stesse ed analoghe alterazioni di forma fossero state prodotte dalle stesse cause nelle montagne composte di rocce solide nel corso delle molte migliaia d'anni che passarono dopo la loro formazione?

di rotture, avrà potuto succedere una lunga epoca nella quale lentamente si sarà prodotto qua e là un certo numero di depressioni e di rialzi assai estesi, finchè la coesione delle parti non avrà più potuto impedire un nuovo sistema di rotture, e così via via.

La produzione delle concavità e dei rialzi di molta estensione, formanti le une il fondo dei mari e le depressioni continentali, e gli altri i continenti e gli altipiani, e quella delle ripiegature e delle dislocazioni che costituiscono le catene montuose, sono dunque due fenomeni molto collegati fra loro e assai probabilmente dipendenti quasi soltanto dalla lenta contrazione della parte ancor liquida del globo terrestre pel suo continuo e lentissimo raffreddamento; ed anche l'alternar delle epoche di riposo apparente e delle dislocazioni sarebbe una conseguenza della stessa contrazione.

L'ultimo sistema di dislocazioni sembra essere stato quello che diede l'ultima forma alle Ande ed a tutte le isole della zona vulcanica del Grande Oceano. A quel cataclisma succedette l'epoca attuale di apparente riposo, nella quale troviamo un esempio della lenta produzione di depressioni e di rigonfiamenti di molta estensione nei lenti e continui movimenti della Svezia, dell'Italia e di altre regioni d'Asia e d'America. Mentre i mari attuali sono forse collocati nelle depressioni lentamente prodotte dopo il sistema delle Alpi principali, gli altipiani d'Europa, d'Asia e d'America sembrano essere i rigonfiamenti contemporanei alle accennate depressioni; e finalmente i deserti sabbiosi d'Africa e d'Asia sembrano essere il fondo di antichi mari rialzati all'epoca della formazione delle stesse Alpi principali.

175. Formazione dei sedimenti, ed estinzione delle faune.

— Se la terra era in origine caldissima, non avrà avuto alla sua superficie nè aria nè acqua, e le conseguenze delle prime dislocazioni saranno state puramente locali, essendosi cangiata soltanto la forma della superficie del suolo; ma dacchè il raffreddamento lo avrà permesso, dev'essersi condensato a poco a poco sulla superficie della terra il va-

pore acqueo che prima la circondava misto all'aria, e si sarà quindi formato un certo numero di mari e di laghi nelle parti più basse di essa superficie. Accadendo in allora una dislocazione della crosta nel modo anzi descritto, che cosa sarà avvenuto? Alcune parti si saranno rialzate, altre abbassate; si saranno formati nuovi rialzi, nuovi sprofondamenti; gli strati dislocati avranno prodotte nuove catene montuose, e lungo le linee di frattura saranno sgorgate le rocce pastose incandescenti, a formare i nuclei delle catene montuose. Ma in questo generale smuovimento le acque non saranno rimaste inerti: messe in moto con violenza da quel subitaneo spostamento delle parti solide, esse avranno invaso i continenti, smosso ogni cosa alla loro superficie, portato seco immensi materiali a produrre considerevoli sedimenti nel fondo dei nuovi bacini di mare formati in conseguenza di quelle dislocazioni.

Se noi ora consideriamo che le onde prodotte dai venti danno origine sulle coste dei mari a corrosioni e distruzioni tanto considerevoli in ogni sorta di rocce; che il terremoto del Chili, nel 1838, si fe' sentire sin nell'Oceania a più di 6000 chilometri di distanza; che le acque del mare, smosse dai terremoti più limitati, levano, smuovono e traggono seco grandi masse di sabbie e ghiaie e persino i navigli d'ogni grandezza, spazzano in somma d'ogni cosa le spiagge che invadono, possiamo farci un'idea degli effetti giganteschi che saranno stati prodotti dalle acque messe in movimento dalle estesissime dislocazioni della superficie terrestre, per esempio da quelle che diedero origine nello stesso tempo a tutte le catene montuose parallele ai Pirenei, od alle Alpi principali, od alla catena delle Ande, che ha la lunghezza di 4000 chilometri. Possiamo quindi con ragione credere all'universalità degli effetti distruttivi delle acque messe in moto durante quelle generali dislocazioni, tra i quali si annovera specialmente il trasporto d'immensi massi staccati dagli strati smossi e sconvolti. e di estesissimi sedimenti marini ancora allo stato incoerente, e la formazione di altri sedimenti nei bacini di

nuovo formati e coi materiali forniti dalla corrosione delle rocce e dei depositi già prima esistenti.

A quelle dislocazioni ed a quei moti delle acque devesi probabilmente anche l'estinzione d'ogni specie di animali, alla fine di ciascun'epoca geologica. In quanto agli animali terrestri la cosa è chiara: le acque da cui saranno stati inondati i continenti avranno potuto uccidere e trascinar seco, insieme colle sabbie, col fango e coi detriti di ogni genere, anche tutti gli animali terrestri, seppellirli sotto ai loro sedimenti, spargerne i cadaveri qua e là sul suolo, ed anche trasportarli spesso entro le caverne, in cui se ne trovano oggidì sì ben conservati gli ossami. Gli animali fluviali e lacustri non saranno neppur essi sfuggiti alla morte, in conseguenza del miscuglio delle acque salse del mare colle dolci dei fiumi e dei laghi, nello stesso modo che oggidì vedesi morire quasi ogni animale d'acqua dolce che venga trasportato nell'acqua salsa od anche soltanto leggerimente salmastra. Nel mentre poi che i sedimenti marini già formati, ma ancora pastosi o mobili, saranno stati smossi in mille guise, mischiati fra loro, asportati da certi luoghi ed accumulati in altri, gli animali marini avranno trovata anch'essi la loro fine in quel generale sconvolgimento: quelli che vivono fissati sulle coste ed a certi livelli determinati nel fondo del mare, in conseguenza dei generali cangiamenti di livello; quelli che vivon liberi sulle coste pel generale movimento delle acque e dei sedimenti che avran potuto circondarli e seppellirli; e quelli d'alto mare, perchè facilissimi a morire tosto che, all'acqua cui essi vivono, vengano miste quantità anche minime di sostanze estranee.

176. Metamorfismo delle rocce. — Vedemmo che, oltre alle rocce *piriche*, analoghe a quelle che oggidì escono dai vulcani, ed alle rocce *sedimentarie*, simili a quelle che attualmente si depongono nel seno delle acque, v'ha una terza categoria di rocce, cioè di quelle denominate *metamorfiche* (micaschisti, steaschisti, gneiss, marmi saccaroidi, schisti argillosi semicristallini, dolomia, ecc.), alle quali oggidì non

vediamo mai o ben di rado prodursene di eguali. Quantunque sia un argomento assai importante lo studio della loro origine, pure i limiti che ci siamo prefissi ci costringono a non farne che un brevissimo cenno.

Già nel 1787 un Italiano, Arduino, a proposito di alcune dolomie del Vicentino, emetteva la teoria della dolomizzazione, oggidì proposta e sostenuta dal prussiano De-Buch, che ne attinse la prima idea nelle Alpi nel Tirolo. Vedendo che le rocce stratificate calcaree erano cangiate in dolomia, senza alcuna traccia di stratificazione ed a cristallini minutissimi presso alcune emersioni di melafiro, che è una roccia assai ricca di pirosseno e quindi di magnesia, ne dedusse che quel cangiamento dev'esser avvenuto per l'opera dei vapori magnesiaci emanati dal melafiro, dell'alta temperatura e della forte pressione prodotta dall'uscita di quella roccia pirica; e quindi in un modo analogo a quello con cui si ottiene l'acciaio di cementazione, riscaldando il ferro entro un ammasso di sostanze carboniose.

V'hanno comunissimi esempi di modificazioni di rocce sedimentarie, sia pel contatto sia per la sola vicinanza di rocce piriche, e che si possono spiegare col mezzo del solo calore sviluppato dalle rocce piriche alla loro uscita dal seno della terra, e della pressione prodotta durante la loro emersione. A contatto dei filoni di graniti, porfidi, serpentini, dioriti, ecc., vedonsi le calcaree d'ogni specie trasmutate in marmi saccaroidi, cipollini, calcifiri cristallini; le arenarie mutate in quarziti, le argille in staniti, il litantrace in coke, ecc. Trovansi in oltre sparsi di frequente nelle rocce in siffatto modo alterate parecchii nuovi minerali, come granati, analcimi, talco, ecc., e vi sembrano introdotti nell'istesso tempo che avvennero quelle alterazioni.

Ma a spiegare il cangiarsi delle calcaree in dolomia non basta sempre ammettere l'emanazione di vapori magnesiaci unita alla pressione ed al calore. Quando infatti si considera che nelle Alpi lombarde, per esempio, v'hanno estesissimi depositi di dolomia alla distanza di molte mi-

glia dalle rocce ignee ricche di magnesia, nasce già il dubbio che la dolomia non abbia sempre avuto origine dall'alterazione del carbonato calcareo per l'azione de' vapori magnesiaci emessi da quelle rocce ignee. Che se poi si osserva che ai depositi di dolomia trovansi spesso alternati altri di carbonato calcareo più o meno puro, deveasi ammettere che la teoria di De Buch non vale in tutti i casi, giacchè se essa fosse vera da per tutto, tutte le rocce calcaree sarebbero modificate in dolomia e non potrebbero mai trovarsi alcuni strati calcarei inalterati fra mezzo ad altri metamorfosati in dolomia. Conchiuderemo dunque che in alcuni casi la dolomia può aver avuto origine dai vapori magnesiaci emanati dal melafiro, dalla serpentina e dalle altre rocce magnesiache, e che in molti altri casi essa proviene dall'essersi depositati insieme i carbonati calcarei e magnesiaci, o da altre operazioni chimiche per via umida.

Per le altre rocce metamorfiche, la loro origine deveasi in generale attribuire ad altri generi di modificazioni; e dietro varie acconce esperienze (*) sembra ora ammesso generalmente che quasi ogni roccia metamorfica debba la sua alterazione ad una forte pressione, o ad un'elevata temperatura, o ad emissioni di vapori o di gas, o ad operazioni chimiche che variano nei singoli casi, oppure a due, tre od anche a tutte insieme queste azioni riunite, le quali poi hanno sempre la loro origine nell'emersione di rocce piri- che allo stato pastoso ed incandescente.

Tutto ciò vale per le masse di rocce metamorfiche sparse qua e là alla superficie del globo, che fanno parte d'ogni

(*) Esposti dal professore Cassola di Napoli alcuni pezzi di calce all'azione della fiamma dei gas idrogeno e ossigeno compressi, ne trovò cambiata la tessitura terrosa e minuta in un'altra granellosa e cristallina. Riscaldato in un vaso saldissimo un calcare compatto, in modo che l'acido carbonico svolto da esso per l'azione del calore non possa escire dal vaso, trovasti in appresso trasmutato in vero marmo saccharoide. Facendo agire dei vapori di cloruro magnesico sul carbonato calcareo, sotto una forte pressione, Durocher ottenne cristalli di vera dolomia; ed Haidinger e Margnac ottennero invece questo minerale facendo combinare per via umida i due carbonati di calce e di magnesia.

sorta di terreni, ed il cui metamorfismo è detto da taluni *anormale*: per le altre rocce, come i micaschisti, gli steaschisti, ecc., che formano i terreni cristallini stratificati, sottoposti ad ogni terreno sedimentario e senza alcuna alternanza con rocce non cristalline, sembra che il loro metamorfismo, da alcuni detto *normale*, sia contemporaneo alla loro formazione; sembra cioè che quelle rocce siano fra le prime materie solidificate al principio della formazione della crosta solida, e che fin d'allora abbiano presa quella struttura cristallina che tuttavia conservano. Essi rappresenterebbero dunque la prima crosta formata sul globo pel suo raffreddamento, che sarebbe riuscita cristallina perchè solidificata sotto l'influenza d'un calore intenso e quindi con estrema lentezza, stratificata perchè formata a poco a poco per istrati concentrici, e senza fossili perchè con quell'elevata temperatura nessun animale poteva vivere sulla superficie terrestre.

177. Trasporto dei massi erratici. — [Per ispiegare il trasporto dei massi erratici a grandi distanze, passando sopra laghi e mari e senza rompersi i loro spigoli, si proposero parecchie teorie, delle quali indicheremo qui le più importanti.

Dolomieu ed Ebel ammisero che le Alpi formassero una volta un vasto piano inclinato, sul quale abbiano potuto sdrucchiolare i massi erratici. Ma dovrebbesi per ciò dare alle cime delle Alpi un'altezza troppo smisurata; ed anzi questo piano inclinato uniforme non si potrebbe nemmeno immaginare qualora si ammettesse che le valli siano prodotte da fratture avvenute all'epoca della formazione delle Alpi stesse.

Venturi immaginava che il mare giungesse sino alle falde delle Alpi, che da queste scendessero smisurati ghiacciai colle loro morene, e che un gran numero di massi di ghiaccio, staccandosi da essi e portando i frammenti delle rocce, vagassero sul mare ed alla fine calassero al fondo, deponendovi qua e là i massi erratici senza alcuna regola. Questa ipotesi spiega abbastanza bene il trasporto dei massi oltre

i laghi; ma supporre esteso fin là, dopo il sollevamento delle Alpi, il mare che ora trovasi a una distanza così grande, è un soverchio immaginare. D'altra parte questa teoria non spiega l'origine del grande ammasso di detriti che sta sotto ai massi erratici e che sembra con essi molto collegato.

Deluc suppose che siano stati lanciati all'intorno i massi erratici dalle esplosioni de' gas sviluppati dalle rocce ignee durante l'emersione delle Alpi. Ma i trovanti non vedonsi disposti attorno ad un centro od a più centri, come dovrebbero trovarsi se quella ipotesi fosse vera; e la loro distribuzione ha invece molte relazioni cogli sbocchi delle vallate. Di questa opinione era anche il Pilla, il quale voleva generalizzar troppo i fenomeni vulcanici che egli aveva con tanta cura studiati a Napoli, sua patria.

Saussure opinava che una volta il mare avesse in parte coperto il posto occupato ora dalle Alpi; che ad un tratto retrocedesse con grande velocità, trasportando seco massi, ghiaie, fango, ecc., e che poscia altre acque meno veementi avessero asportate dalle colline le parti più sottili, lasciando in posto soltanto i massi maggiori. Le acque del mare dovevano, secondo lui, rapidamente diminuire col precipitarsi tutt'ad un tratto entro estesissime caverne sotterranee; ma quest'opinione non è fondata sopra alcuna positiva osservazione.

De Buch supponeva che le acque del mare si estendesero prima sino alle Alpi ed avessero ricevuta dal loro sollevamento finale una tale spinta da trasportare seco i massi fino a grandi distanze; o che i massi siano stati invece spinti da un urto laterale, in modo da essere lanciati a grandi distanze in direzione orizzontale. Ma gli si obiettò che i massi sono in relazione cogli sbocchi delle valli, e che l'urto prodotto dal sollevamento delle Alpi doveva essere verticale o inclinato, e non orizzontale.

Escher de la Linth ammette l'esistenza nell'alto delle valli di antichi laghi, i quali, pel rompersi delle loro pareti, abbiano prodotto correnti acquee sì forti da trasportare i massi: e di questa opinione ci sembra pure il

ostro Curioni. Ma per quanto grandi furono quei laghi, non avranno mai potuto produrre correnti abbastanza forti da trasportare i massi a tanta distanza, come dalle Alpi fino in Brianza, senza lasciarli colare al fondo dei laghi di Como, Maggiore, ecc., ove quelle correnti dovevano necessariamente rallentarsi. Può darsi però che il trasporto dei trovanti che s'incontrano nelle valli bergamasche e bresciane sia stato davvero prodotto dalla rottura di alcuni laghi dei quali trovansi ancora le tracce nelle parti più elevate di quelle valli (*).

Elia de Beaumont ammette che, all'epoca del sollevamento delle Alpi principali, tutte le nevi e i ghiacci che ricoprivano le alture prima esistenti (e prodotte dagli anteriori sollevamenti) si siano fuse, producendo immense correnti d'acqua, le quali abbian poi potuto trasportare un gran numero di ghiacci galleggianti carichi di pietre e di massi erratici, e depositarli poscia qua e là, ora per l'incontro di monti a dolce pendio, ed ora fondendosi o rovesciandosi i ghiacci per gli urti reciproci. Charpentier obietta a questa teoria il trovarsi i massi erratici anche nei Pirenei, dove non vedesi alcuna traccia di rocce sollevate all'epoca delle Alpi principali.

Agassiz e Schimper credono all'esistenza, prima dell'epoca diluviale, di una sterminata estensione di ghiaccio nelle vallate, e suppongono che sopra questo insieme di ghiacciai, sollevato e sconvolto dal sollevamento ultimo delle Alpi, siano scivolati i massi dalle loro vette sino ai luoghi in cui si trovano oggidì. Ma si può ad essi obiettare che la massima pendenza che si possa supporre nei ghiacciai estesi dalle più alte cime fino alla pianura non è bastevole a far sdrucchiolare quei massi.

Charpentier (nell'opera *Essai sur les glaciers*), dopo aver cercato di dimostrare l'erroneità o l'insufficienza di tutte le teorie proposte prima della sua e qui accennate, espone

(*) Nota di alcune osservazioni fatte sulla distribuzione dei massi erratici in occasione delle inondazioni della provincia di Brescia nell'agosto 1850, di D. Giulio Curioni, nel Giornale dell'Istituto.

la propria, che egli fondò sullo studio molto dettagliato della distribuzione dei massi erratici nella valle del Rodano. Egli osservò che questi massi formano varie strisce regolari lungo le due pareti della valle, molti depositi sparsi qua e là nella pianura tra il Vallese e il Giura ed una terza striscia regolare sul versante orientale del Giura, in faccia allo sbocco del Vallese, e rinvenne in quelle strisce tutti i caratteri delle morene dei ghiacciai da lui espressamente studiate con molta cura nelle più alte valli delle Alpi svizzere. Suppose quindi che, per l'emersione delle Alpi, una grande quantità di acqua sia stata ridotta in vapore ed abbia ingombrata l'atmosfera per molti e molti anni, in modo che i ghiacciai del Vallese aumentassero enormemente al punto di giungere sino al Giura; e che questi poi, diminuendo poco per volta quando il clima tornò al suo stato normale, abbiano lasciate le tracce della loro antica estensione nelle morene di cui sono avanzi i massi erratici sparsi pel Vallese. Questa teoria, sviluppata in un modo mirabile da Charpentier, sembra la sola che si possa applicare alla dispersione dei massi erratici della Valle del Rodano: ma lo sarà anche per tutte le altre valli delle Alpi? Potrà servire, per esempio, a spiegare la dispersione dei massi erratici della valle dell'Adda e della Brianza, come pensano alcuni, fra i quali crediamo poter annoverare anche i fratelli Villa? Noi non lo crediamo.

Difatti il Collegno, nei suoi *Elementi di geologia pratica e teorica*, dimostra che gli attuali ghiacciai delle valli al nord del lago di Como basterebbero a dare, collo sgelo quasi istantaneo, una quantità di acqua che basti a riempire la valle di quel lago sino all'altezza a cui si trovano i massi erratici. Nella Valle d'Esino in oltre, che è circondata da monti calcarei, vedesi un gran numero di trovanti di rocce cristalline: ciò che non sarebbe avvenuto se anche quella valle avesse avuto il suo ghiacciaio confluyente al grande ghiacciaio del lago di Como. I massi di serizzo ghianzone poi che si trovano presso Sesto Calende sono un'altra prova contro l'esistenza di antichi ghiacciai, delle morene

dei quali sarebbero avanzi gli attuali massi erratici; giacchè nelle valli sopra il lago Maggiore non trovasi alcun indizio di serizzo ghiandone in posto, e quei massi devono essere stati trasportati dalla valle del lago di Como sino a Sesto Calende per opera delle acque. Finalmente nella distribuzione dei massi erratici delle valli lombarde non trovasi tutta quella regolarità di distribuzione che sarebbe riconoscibile tuttora se quelli fossero gli avanzi di antiche morene. La teoria degli antichi ghiacciai estesi fin alle colline briantee non va quindi d'accordo con tutti i fenomeni che si osservano nel terreno erratico di Lombardia, mentre invece quella proposta da Elia de Beaumont li spiega tutti. Diremo quindi, con E. de Beaumont e Collegno, che quando furono liquefatte tutte in un istante le nevi ed i ghiacciai delle alte Alpi lombarde, per opera del sollevamento delle Alpi principali, ne ebbero origine enormi correnti d'acqua che invasero la valle del lago di Como fino a 800 metri sul lago stesso. Numerose zattere di ghiaccio di ogni grandezza e forma, prodotte dalla rottura dei ghiacciai, talune cariche di ciottoli e massi voluminosi, altre senza carico, galleggiarono su quella immensa corrente acqua, e si avviarono verso la pianura. Alcune, incontrando i promontorii delle rive del lago di Como, vi deposero i loro carichi; la maggior parte però, seguendo il filone principale della corrente, vennero a battere contro il promontorio che divide il lago di Como da quello di Lecco, e molte vi depositarono i massi che trasportavano, mentre le altre, schivando quel promontorio, andarono a spargersi nei rami di Como e di Lecco e in Brianza. Nello stesso tempo un'infinita congerie di rottami era trascinata dalla corrente e la rendeva simile ad un fango molto liquido, ed i frammenti angolosi si arrotondavano, si sfrantumavano e giungevano infine nella pianura, ove si distesero a formare il gran deposito che costituisce il così detto *terreno di trasporto*, mentre che le zattere andavano deponendo sulle colline della Brianza i massi erratici, che ora vi troviamo più o meno ricoperti dai depositi di ghiaie e di sabbie. Con questa ipo-

tesi si spiega facilmente l'esistenza di un gran numero di massi erratici nella Valle d'Esino e sul monte San Primo; il loro accumulamento all'uscita dell'Adda dal lago di Lecco, dove infatti la corrente dovette restringersi e rendere frequentissimi gli urti e la rottura delle zattere di ghiaccio; ed il perchè le rocce dei massi erratici collocati allo sbocco d'ogni valle hanno la stessa natura di quelle che trovansi in posto nell'alto delle valli stesse.

Dovendo scegliere fra le quattro ipotesi più probabili, cioè fra quelle di Deluc e Pilla, di Escher de la Linth e Curioni, di Charpentier e di E. de Beaumont e Collegno, preferiamo l'ultima; ma dobbiamo aggiungere che probabilmente ognuna di esse può esser vera in alcuni casi speciali, come, per esempio, quella dei ghiacciai nella Valle del Rodano, quella delle correnti fangose per la rottura dei laghi nelle valli bresciane, quella dei massi gettati in alto da esplosioni gassose in certe valli dell'Appennino dell'Italia centrale, e quella delle zattere galleggianti di ghiaccio nella Valle dell'Adda; e che in alcuni altri casi la dispersione dei massi erratici sarà stata un effetto dell'azione simultanea di due o tre di quelle cause differenti.

178. Teoria plutonica del professor Gorini(*). — A fianco della teoria sostenuta da Elia de Beaumont per ispiegare l'origine delle montagne, vogliamo mettere quella del nostro Gorini, con qualche osservazione sulla sua applicabilità ai fatti che si osservano nelle catene montuose.

Gorini chiama *plutonici* tutti i liquidi, che, solidificandosi, emettono sostanze aeriformi, e per ciò si gonfiano ed aumentano di volume come l'acqua; che consolidandosi producono corpi di struttura cristallina, e non si solidificano per istrati concentrici, come farebbe la cera, ma per

(*) *Sull'origine delle montagne e dei vulcani*, Lodi, 1851. — *Gli esperimenti sulla formazione delle montagne*, Milano, 1852. — *Rapporto della Commissione della Società d'incoraggiamento di scienze, lettere ed arti in Milano*, 1852. — *Rapporto della Commissione dell'I. R. Istituto*, ecc., Giornale dell'Istituto, 1852. — *Il plutonismo attaccato da una commissione accademica e difeso da Paolo Gorini*, Lodi 1853.

ristalli che si vanno formando e intrecciando fra loro, come l'acqua.

Il liquido plutonico usato nelle sue esperienze consta di solfo misto a qualche sostanza organica, la quale, scomponendosi pel calore, dà origine alle sostanze aeriformi, che rendono plutonico lo solfo liquefatto. Un aumento di volume nella solidificazione dello solfo l'aveva già ottenuto anche Payen coll'immergere nello solfo fuso una lancia di gomma elastica; ma Gorini afferma conoscere una lunga serie di liquidi plutonici. Il signor A. Bertolio, dietro alcuni tentativi, trovò che, mescendo allo solfo un trentesimo in peso di olio, e riscaldando il tutto a 420° C., si ha un liquido atto a ripetere le esperienze di Gorini; e il professor Cantoni (*) trovò, con molti esperimenti ripetuti, che lo solfo può rendersi plutonico con un buon numero di sostanze organiche (e specialmente col petrolio, colle resine, coi corpi grassi, col sego, cogli olii, ecc.). Le quali sostanze, quando la miscela venga elevata alla temperatura di circa 240° o 260° , si decompongono e danno origine ad alcuni corpi gassosi che si condensano nella miscela liquida rimasta inalterata. Ed anche mischiando poi una parte di marmo saccaroide, ben puro e cristallino, e ridotto in polvere, con quattro di fiori di solfo, e riscaldando la miscela al di là dei 280° , lo stesso professore ottenne un liquido plutonico atto a tutte le esperienze cui servono i liquidi di Gorini, il quale d'altra parte ha ancora le sue buone ragioni per non pubblicare il suo segreto e dirci quali siano questi liquidi, e sostiene che il non conoscerli non mette alcun incaglio a dar giudizio della sua teoria.

Il nostro globo, dic'egli, oramai non v'ha più dubbio, fu in origine liquido, per opera d'un intenso calore; abbondanti materie gassiformi e vaporose vengono emesse dai vulcani, dai soffioni, dalle spaccature della terra, dalle lave dopo la loro uscita dai vulcani e dal basalte fuso artificialmente. I fenomeni vulcanici e i terremoti devono

(*) Numeri 26, 28, 39 del *Crepuscolo*, annata 1852.

assai probabilmente la loro origine allo sviluppo di materie aeriformi dapprima disciolte nella parte interna ancora fusa; fenomeni analoghi a questi si osservano nell'argento, nel litargirio e nel bismuto fuso e nei liquidi plutonici; infine le piccole venuzze, racchiuse d'ogni parte nelle rocce, furono probabilmente prodotte dalle sostanze spinte nelle fessure delle rocce, attraverso le loro porosità, dall'espansione dei gas che v'erano disciolti all'epoca del loro raffreddamento.

Queste sono le principali prove che il Gorini adduce del plutonismo del liquido che, consolidandosi, formò il globo terrestre. Ad esse ci sembra che i geologi abbiano nulla ad opporre; anzi ne sanno trar profitto per le loro teorie dei fenomeni vulcanici.

Ammesso il plutonismo del liquido terrestre, e quindi ammesso che, dal principio della sua consolidazione sino ad ora, esso si sia comportato precisamente come il liquido plutonico nelle esperienze di Gorini, ecco in poche parole quale sarebbe secondo lui la storia del globo e delle inguaglianze della sua superficie.

In principio la terra era un globo di materie fuse e incandescenti, che contenevano disciolta una grande quantità di materie aeriformi; e tutta l'acqua era allo stato di vapore e mista all'aria dell'atmosfera. Cominciato il raffreddamento, si formarono alla superficie alcune croste sottili, di sostanze rigettate dal liquido a mo' di schiume; mentre internamente principiavano a formarsi attraverso il liquido e ad intrecciarsi fra loro alcune immense spranghe cristalline. Quelle prime croste (di *rocce di epurazione*), furono rotte, corrose e alterate, sia dal liquido interno, sia dalle acque che a poco a poco dall'atmosfera si precipitarono sulla superficie della terra, già forata e rialzata qua e là a formare i primi vulcani. L'attività interna continuava sempre, e nuovi e numerosi cristalli s'intrecciavano coi già fatti, e la quiete sembrava stabilita alla superficie, quando il liquido interno, pel grande sviluppo delle materie gassose, cominciò a gonfiarsi, a sgorgare dalle bocche vulcaniche ed a sten-

dersi sulla superficie, cacciando l'acqua, uccidendo colle sue emanazioni gassose i suoi primi animali abitatori, e formando quei rialzi estesissimi, e per lo più terminati a punta verso il polo australe, che ora formano i continenti. Questi ammassi di liquido terrestre vischioso, per lungo tempo alimentati dalle bocche vulcaniche, crebbero in altezza, più o meno secondo i luoghi, formando pianure e dossi a differenti livelli, la maggior parte però ancor ricoperti dalle acque; e nuove croste schiumose si formarono su queste pianure (e noi ne troviamo le tracce, dice Gorini, nelle rocce metamorfiche), mentre nuove emissioni di gas e di liquido avvenivano per qualche rara apertura vulcanica fatta in esse dalle materie ancor fuse che formavano le masse nascoste sotto quelle sottili croste, e le acque agivano sopra queste croste come sulle prime, corrokendole in alcuni luoghi e in altri ricoprendole di sedimenti. Ma tutto ad un tratto avvenne un nuovo fenomeno, che terminò quella lunga epoca di riposo apparente. Nel liquido contenuto nelle masse eruttate e costituenti quelle pianure si svilupparono nuovi gas; ogni crosta, insieme coi sedimenti nettunici che la ricoprivano, si rialzò, gonfiandosi a poco a poco, finchè, vinta la coesione delle parti, si aprì in ciascuna di esse una fenditura, che andò gradatamente aumentando di larghezza e profondità, ed allungandosi e ramificandosi con somma regolarità. Alcune di queste fenditure non si aprirono abbastanza da dar passaggio al liquido sottoposto, ma in molte esso scaturì dal fondo, rialzandosi incessantemente, riempiendole e talora traboccando e discendendo pel terreno declive a rivestire di materia cristallina gli strati amorfi che lo componevano.

Molti frammenti staccati delle rocce sollevate poterono in allora disperdersi sul liquido plutonico, essere trasportati dalle sue correnti, scivolare nelle valli, cadere sugli strati nettunici ancora sott' acqua, e, trasportati dalle correnti acquose, spargersi a grandi distanze sopra le rocce sedimentarie, mentre il liquido plutonico si river-

sava sulle rocce da cui quei massi provengono e le nascondeva (*).

Il liquido accumulato nelle fessure si andò consolidando con lentezza, coprendosi della solita crosta e rompendola poi per sgorgarne a poco a poco in modo da formare al disopra dell'apertura una prominenza, la quale andò crescendo in volume pel continuo trasudare di nuovo liquido attraverso le porosità di quello già solidificato, finchè, cessata ogni attività plutonica, anche l'eminenza cessò di aumentare. Secondo la maggiore o minore plutonicità del liquido le eminenze furono più o meno regolari, terminate a punto od in estese pianure, inclinate più da un lato che dall'altro, ecc. (**).

Mentre in tal modo si formavano regolarmente alcune catene montuose, ed altre erano scompigliate da nuove rotture e da nuove eruzioni, le acque, radunate nei luoghi più bassi, continuarono a corrodere ed a far sedimenti, e il liquido interno andò continuamente raffreddandosi e lasciando libere nuove quantità di gas, finchè questi giun-

(*) Questa sarebbe l'origine dei così detti *massi erratici* secondo la nuova teoria.

(**) È questo modo di crescere delle eminenze prodotte dal liquido plutonico raccolto nelle fenditure della crosta che Gorini descrive con molte particolarità nel primo volume della sua opera *Sull'origine delle montagne*. Se il liquido non è abbastanza plutonico, o non è tale affatto, e la materia liquida racchiusa sotto la prima crosta formata, dopo essere in parte emersa a produrre una piccola eminenza, continua ad essere spinta fuori dall'incessante svilupparsi di materie aeriformi nella massa interna, vedesi uscire per una sola apertura centrale, e, distendendosi all'intorno di essa, dare origine ad un monte conico, analogo per la sua forma e struttura ai crateri vulcanici che i geologi distinguono col nome di crateri di eruzione, composto cioè di strati sovrapposti e distinti gli uni dagli altri quasi come i sedimenti prodotti dalle acque. Quando il liquido invece è perfettamente plutonico, l'aumento in volume delle eminenze avviene in un modo affatto particolare; la materia liquida non esce più per un solo canale, ma trapela attraverso ai pori delle parti già solidificate, in modo che la struttura della montagna compiuta non è più a strati, ma presenta un complicato intreccio di cristalli. A seconda poi della maggiore o minore plutonicità del liquido che si solidifica, i cristalli risultano ora dritti a raggi intorno al centro della eminenza, ed ora tutti paralleli fra loro, o in altro modo disposti con somma regolarità.

sero a tale forza da produrre una nuova grande eruzione. Sgorgarono allora nuovi immensi torrenti di materie fuse, che smossero le acque, diedero morte a nuovi animali, di cui troviamo le tracce fossili, formarono nuovi continenti, sui quali poi lentamente si produssero nuove gibbosità, nuove fenditure e nuove catene montuose, riproducendosi quella successione di fenomeni poc'anzi descritta. A questo cataclisma tenne dietro un'altra epoca di apparente riposo, poi un altro cataclisma generale colle sue emersioni e colle sue nuove catene montuose, e così via via.

La serie di queste grandi eruzioni e delle successive formazioni di catene montuose fu assai lunga, sinchè giunse l'epoca attuale, in cui, a testimonio dell'attività plutonica del liquido terrestre, non rimasero che pochi movimenti lentissimi, come quelli della Svezia, dell'Italia, i terremoti ed i vulcani.

A tutti questi fenomeni, prodotti dalla forza espansiva del così detto *plutonismo positivo* (proprio dei liquidi che si dilatano col solidificarsi), devonsi aggiungere anche gli avvallamenti, simili a quello che ora forma il bacino del mar Caspio, prodotti dalla forza di contrazione del *plutonismo negativo* (proprio dei liquidi che si restringono col solidificarsi), e dei quali non faremo più alcun cenno, perchè ne abbiamo detto abbastanza nel trattare la teoria di E. de Beaumont. Soltanto faremo osservare che, secondo Gorini, una stessa sostanza plutonica può diminuire o crescere di volume, variando soltanto la temperatura e il tempo per cui si tiene fusa.

Le prove del plutonismo del liquido terrestre, qualche rassomiglianza tra le forme e le distribuzioni delle montagne prodotte nelle esperienze di Gorini e le catene montuose naturali, e molte apparenti analogie fra i vulcani e le montagne, danno un assai valido appoggio alla teoria plutonica. Ma nella struttura della superficie terrestre trovansi bastevoli prove della sua verità? I limiti prefissi a questo volume non ci permettono di trattare questa questione con tutta quella estensione che la sua importanza

richiederebbe; tenteremo però di rispondere in breve a quest'ardua domanda.

La corteccia solida del globo, avendo lo spessore di 5 miriametri, dovrebbe produrre una pressione di circa 13000 atmosfere; e quindi riesce difficile a credersi che i gas del liquido terrestre abbiano potuto vincere quell'enorme pressione senza liquefarsi. È pur difficile ammettere nella irregolare e confusa cristallizzazione dello solfo taluna somiglianza colla varia struttura delle rocce emersorie, e trovare qualche analogia fra i cristalli prismatici di solfo e i prismi esagoni, pentagoni e triangolari prodotti nel lento raffreddarsi delle rocce basaltiche. Queste ed altre obiezioni furono fatte alla teoria plutonica nel rapporto della commissione dell'Istituto Lombardo; ma il Gorini cercò difendere la sua teorica sostenendo, per esempio, che alla temperatura del granito in fusione vi possono essere dei corpi aeriformi anche sotto l'enorme pressione di 13000 atmosfere; che è anche possibile che quei gas sotto a quella pressione acquistino una gran densità, senza perdere la loro espansibilità; che egli paragona alla struttura prismatica delle rocce naturali non i fasci aciculari di solfo, ma una struttura particolare delle sue sostanze plutoniche solidificate, ecc.

Osservarono altri che nessuna analogia v'ha fra lo solfo e le rocce ignee, e fra i gas dei liquidi di Gorini e quelli che dovettero agire in natura; che senza la teoria nuova i geologi, com'abbiam già veduto, sanno dar ragione di tutte le forme delle montagne, del loro parallelismo, della formazione dei filoni, del trovarsi molte isole allineate parallelamente alle vicine coste d'un continente, ecc. L'ipotesi, dissero altri, che ammette le montagne prodotte per mezzo di sollevamenti e quella che le considera prodotte per opera di avvallamenti, differiscono soltanto in apparenza, e sono messe d'accordo dal modo con cui recentemente E. di Beaumont spiega l'origine delle catene montuose. E la stessa teoria di E. di Beaumont vale tanto nel caso che la terra sia tutta fusa nel suo interno sino al centro, quanto

in quello che ne sia stata fusa soltanto una porzione limitata fra la corteccia solida e la parte più centrale. E soggiunsero che, accettando la teoria di E. di Beaumont, i geologi non sono però obbligati ad ammettere tutte le rocce stratificate e cristalline (gneiss e micaschisti) come altrettante *rocce metamorfiche*; e possono benissimo considerarle tutte o quasi tutte come la prima crosta solida formata sul liquido terrestre in fusione, senza perciò essere costretti a chiamarle *rocce d'epurazione* e ad abbracciare la nuova teoria plutonica. Dissero altri ancora che la teoria di E. di Beaumont spiega il parallelismo di tutte le catene montuose contemporanee entro zone assai estese; e che un'altra spiegazione altrettanto probabile non si sa trovare colla teoria di Gorini. Finalmente le esperienze dirette, dalle quali risulta che le rocce emersorie, passando dallo stato liquido allo stato solido cristallino, non aumentano di volume come l'acqua, ma invece diminuiscono, starebbero anch'esse contro la teoria plutonica.

Ma tutti questi e simili argomenti o non provan nulla o non dimostrano altro fuorchè la nessuna necessità di ricorrere ad una nuova teoria quando ve n'è già una la quale soddisfa a tutte le condizioni richieste in una teoria perchè si possa considerare come la più vicina al vero. Sarebbe necessario cercare invece se in natura esistono tali fatti che siano d'accordo con tutte le parti della nuova teoria plutonica e valgano perciò a renderla accettabile dai geologi; e ci rincresce per ciò che lo stesso Gorini non abbia esaminate abbastanza le vere montagne (come egli stesso lo confessa) allo scopo di mostrarci in natura qualche esempio di eminenze sorte secondo la sua teoria, e che invece ci lasci andare senza una guida a cercare nella struttura delle montagne qualche fatto che le dimostri prodotte come le sue artificiali.

Nelle Alpi si riconoscono parecchi sistemi di montagne d'epoche differenti, senza che nella serie degli strati sedimentarii, rialzati nei tronchi più recentemente sollevati, si mostri alcuna traccia delle grandi eruzioni di estesissimi

torrenti di liquido plutonico avvenute alternatamente colle successive produzioni di montagne, e di tutti i grandiosi fenomeni che le avrebbero dovute accompagnare. E non solo nelle Alpi, ma in nessuna parte del mondo, per quanto sappiamo, furono sino ad ora ritrovate tracce di estesissime emersioni di rocce ignee in epoche differenti. In ogni luogo la crosta terrestre si mostra formata d'una serie di strati, cristallini gli inferiori, sedimentarii i superiori, stesi gli uni sugli altri, sollevati e rotti in epoche assai diverse, senza che alcuna eruzione di materie liquide fosse mai venuta a ricoprirli. Così, per esempio, le Alpi presentano sollevati insieme tutti i terreni dal più antico sino all'eoceno, oppure sino al mioceno od al plioceno, senza che vi si possano trovar tracce di altre perturbazioni fuorchè delle dislocazioni degli strati lungo fenditure rettilinee, e delle piccole emersioni di rocce ignee, che non si vedono mai o ben di rado sgorgate in tale abbondanza da traboccare e coprire gli strati rialzati.

Noi non sapevamo metter d'accordo in alcun modo su questo punto la teoria di Gorini coi fatti, fuorchè ammettendo che le successive eruzioni generali si siano estese non sopra gli strati nettunici, ma fra essi e la crosta primitiva del globo, in modo da produrre le successive catene senza mostrarsi all'esterno. Ed il Gorini, interpellato su questo argomento, ci rispose non solo che può essersi effettuata quella nostra supposizione, ma eziandio che le Alpi devono essersi formate tutte in una stessa epoca assai lunga, e che la distinzione dei varii tronchi d'età differenti deve essere una falsa interpretazione d'un fatto vero, dell'essersi cioè spinte le rocce plutoniche fra gli strati sedimentarii. Infatti, diss'egli, chi potrà negare che le rocce plutoniche, durante il raffreddamento della grande massa che forma i fondamenti delle Alpi, si siano fatto strada fra i terreni sedimentarii in varie successive riprese, sollevandoli in un luogo prima della formazione dell'eoceno, in un altro prima di quella del mioceno, in un terzo prima che si formasse il plioceno, in un quarto dopo la sua for-

mazione, producendo così le discordanze di cui si occupano i geologi? Ammettiamo pure, risponderanno questi, che le grandi eruzioni di rocce ignee siano state ricoperte tutte da rocce d'epurazione e sedimentarie, in modo da esserne totalmente mascherate e da non trovarsene più alcuna traccia alla superficie del globo, e che le montagne si siano formate nel modo da lui detto; ma se le rocce plutoniche si mossero con estrema lentezza e regolarità e non uscirono all'aperto che in pochissimi luoghi, avranno esse potuto respingere le acque marine e far perire da per tutto, mediante le emanazioni gassose e il calore, e tutti in una volta, gli animali che le abitavano, in modo da trovarne gli avanzi allo stato fossile, e da produrre sempre tra le faune dei due terreni successivi tutta quella differenza che vi trovarono i geologi? Egli risponderà al certo che sì, e probabilmente aggiungerà che i geologi vanno errati quando credono trovare negli strati delle catene montuose i fatti che provano essere state istantanee e violente le formazioni delle montagne. Che cosa avrebbero a rispondere i geologi a questa asserzione, noi per verità non sapremmo indovinare.

Se ora passiamo ad esaminare le montagne formate di rocce ignee, vediamo che ognuna di queste rocce si trova emersa in una sol volta a riempire le irregolari aperture fatte negli strati dislocati, e non si mostra mai a straterelli sovrapposti gli uni agli altri, come le lave nei crateri di eruzione, e come dovrebbero essere, secondo la teoria di Gorini, qualora provenisse da un liquido poco plutonico; nè disposte con tutta quella regolarità che si trova nelle eminenze prodotte dai liquidi eminentemente plutonici. In nessun luogo, per quanto sappiamo finora, furono veduti nelle montagne le rocce ignee coi cristalli tutti diretti a raggi intorno al centro della montagna, o paralleli fra loro o disposti in qualche altro modo così regolare; e le rocce schistose cristalline, che nessuno per altro continua in oggi a considerare come vere rocce emersorie, o non contengono cristalli ben determinati, o la loro disposizione parallela

dipende dalla natura della loro origine, cioè dall'essere prodotte dal solidificarsi di tanti strati successivi del liquido terrestre. In ogni modo la struttura delle rocce cristalline, a quanto ci pare, non coincide colla teoria plutonica.

Passiamo infine alla struttura generale delle catene montuose. Al dire dei geologi, queste sono formate di tronchi rettilinei, fra i quali sono tra loro paralleli quelli che sono anche contemporanei; e l'apparente ramificazione delle catene montuose dipende dall'intrecciarsi di que'tronchi sorti in diverse epoche, e non già dall'essere la catena formata da una gran fenditura ramificata, prodotta tutta in una sola volta e con tutta quella regolarità che si osserva negli esperimenti di Gorini. Ciò potrebbe forse esserci negato da questo professore, e per sciogliere la quistione non resterebbe altro mezzo sicuro fuorchè un esame accuratissimo delle catene montuose, eseguito di conserva dai seguaci delle due teorie. Stando per ora agli studii già fatti, cerchiamo se la struttura stratigrafica delle montagne concordi con quella secondo la teoria plutonica.

La catena centrale delle Alpi, che si stende dallo Spluga allo Stelvio e al Tonale, è tortuosa e manda molte piccole diramazioni a separare le valli che versano le loro acque nella Valle San Giacomo e nella Valtellina, ed una grande catena secondaria che si stende dal Monte Corno sin sopra Introbio, racchiudendo fra sè e la catena centrale la Valtellina e formando un gran numero di piccole ramificazioni, che discendono nella Valtellina e nella Val Sassina da una parte, e dall'altra comprendono le valli Brembana, Seriana, di Scalve e Cavallina. Considerando la distribuzione delle grandi masse delle rocce ignee granitiche e serpentinosi in quei monti, quale la vedemmo nella descrizione geologica della Lombardia, troviamo che sembrano in realtà riempire un certo numero d'immense fenditure pressochè rettilinee, dirette da ponente a levante, e senza alcuna relazione colla forma delle valli e delle catene montuose. Gli strati delle rocce cristalline e nettuniche, rialzati e smossi dalle rocce ignee, sono in generale di-

retti come quelle grandi spaccature, sollevandosi tutti per termine medio verso nord-est, senza alcuna relazione colla forma delle valli e delle catene montuose; e soltanto qua e là presentano qualche irregolarità, nei luoghi ove spuntano le piccole emersioni delle rocce felspatiche e serpentinose della Val Sassina, della Val Brembana, ecc., attraverso altre fenditure dirette in generale come gli strati e come le grandi fenditure dapprima accennate.

Secondo la teoria di Gorini, la struttura di queste montagne, se non erriamo nell'interpretarla, dovrebbe essere differente. I monti della catena tortuosa dallo Spluga allo Stelvio ed al Tonale e di quella dal Monte Corno alla Val Sassina, dovrebbero essere tutti di rocce plutoniche, oppure in parte di rocce plutoniche e in parte di rocce d'epurazione. Ammettiamo pure che ciò sia, e che tutti gli strati delle rocce stratificate siano rialzati sempre in modo da seguire colle loro direzioni la direzione variabilissima di quelle catene montuose. Ed ammettiamo ben anche, quantunque nol crediamo, che la Valtellina sia una grande spaccatura nella crosta d'una massa di rocce ignee eruttate, e che quelle due catene siano formate dalle prominenze sorte regolarmente pel meccanismo della plutonica; ma come dovrebbero esser formate, secondo la teoria plutonica, le catene minori che scendono verso la pianura?

Siccome non vi s'incontrano monti interamente formati di rocce ignee e allineati in modo da formarne il nucleo, bisognerebbe ammettere che quelle catene montuose non siano altro che gli strati d'epurazione e nettunici sollevati sino a tal punto che, se la forza espansiva avesse continuato ancora per poco ad agire, si sarebbero rotti e dalla fenditura sarebbero poi sorte le rocce ignee. Gli strati dovrebbero in questa supposizione essere rialzati in modo da riescire paralleli alle catene montuose; cosicchè, nella catena fra la Val Brembana e la Val Seriana, per esempio, essi dovrebbero sollevarsi dalla Valle Brembana verso le cime, e ridiscendere al di là nella Valle Seriana: dovrebbero cioè essere disposti come i pendenti d'un tetto a due acque.

Ma questa non è la vera disposizione degli strati nelle nostre montagne, e la teoria plutonica non concorda in questa parte col fatto.

Potrà forse dirci il Gorini che noi abbiamo fallato ad interpretare la sua teoria; e che le valli comprese fra i monti in discorso altro non sono che gli avanzi di altrettante immense fenditure trasversali, mentre la fenditura principale trovavasi là dove sorsero poi le catene che racchiudono fra loro la Valtellina. In allora crederemmo poterli fare le seguenti osservazioni.

Le catene di monti di rocce stratificate sono tra loro parallele, hanno punte acute, ecc., come quelle formate di rocce ignee. Le prime in oltre si presentano ora a punte frastagliate, ora ad altipiani, ora a gradinate ed ora a grandi superficie piane, secondo la disposizione degli strati e le varie alterazioni che gli agenti atmosferici produssero sulle diverse rocce di cui sono composte; e le seconde terminano quasi sempre in punte frastagliate od in masse arrotondate, secondo che le loro rocce cedettero più o men presto all'azione distruttrice del tempo, e non si presentano mai, per quanto sappiamo, terminate da estese pianure orizzontali, o con estesissimi piani sui loro pendii. Se dunque la forma delle montagne prodotte per la semplice frattura degli strati, confrontata con quella delle montagne di rocce ignee, differisce soltanto di quel poco che può dipendere dalla struttura e dalla composizione mineralogica delle rocce, e le valli trasversali possono essere prodotte da fratture irregolari, perchè non volete ammettere che anche le montagne che comprendono la Valtellina, questa valle stessa e tutte le altre montagne e valli consimili abbiano avuto origine dalle irregolari fratture di tutta la crosta terrestre, e dal sorgere delle rocce ignee allo stato pastoso, attraverso quelle fenditure? Allora le direzioni degli strati e delle zone occupate dalle rocce ignee starebbero a sostenere la vostra teoria; e rimanendo ancora a decidersi se la rottura della corteccia terrestre si debba ripetere da una espansione del liquido interno pel suo plutonismo, oppure

da una diminuzione di volume, non sarebbe più necessario ammettere tutte quelle successive immense eruzioni di materie liquide e quel continuo trasudare o sgorgar di liquidi, a far crescere gradatamente il volume delle montagne; si potrebbe ammettere che le fenditure siano state subitanee, prodotte successivamente ad epoche determinate, ecc.; e in tal modo la teoria plutonica sarebbe d'un tratto ridotta molto più semplice e si potrebbe con assai maggiore facilità trovar conforme ai fatti che si osservano in natura, e quindi assai più facile ad ammettersi dai geologi, senza che il suo principio fondamentale venisse per ciò intaccato.

Conchiuderemo col dire che, a quanto ci pare, la teoria proposta da Gorini ed appoggiata sinora soltanto sulle sue esperienze, non va, nel suo stato attuale, abbastanza d'accordo coi fatti che si osservano in natura perchè i geologi possan risolversi a preferirla a quella di E. de Beaumont appoggiata sopra altre esperienze e che spiega con assai maggiore naturalezza e facilità tutti i fatti naturali. Speriamo però che lo stesso Gorini, ricercando nell'intricato libro della natura il complemento delle sue esperienze, troverà forse modo di ridurre la propria teoria a tal forma che concordi pienamente coi fatti, e possano in allora i geologi imparziali decidere una volta quale delle due teorie si debba ritenere più prossima al vero.

179. Storia del globo terrestre. — Da tutto quanto abbiamo finora veduto è facile dedurre la storia fisica del globo, quale ora la verremo esponendo brevemente.

Il nostro globo era in origine un ampio ammasso di vapori di ogni sostanza, che girava attorno al sole, come vedonsi ancora molte nebulse muoversi attorno ad altri centri solari. Per l'irradiazione del calorico negli spazii planetarii, questo ammasso di vapori venne poco per volta a liquefarsi, dando origine ad un globo di materie fuse, incandescenti, coperto da un involucro aeriforme, formato dall'aria e dal vapore acqueo, o dai gas di cui è composta l'acqua. Le forze chimiche cominciarono ad agire fra

le varie sostanze fuse, e fra esse e l'acqua e l'aria dell'atmosfera, e ne risultarono tutte quelle sostanze complesse che oggidì chiamansi rocce e minerali, nello stesso tempo che tutta quella massa pastosa e incandescente, pel continuo raffreddarsi, si rivestiva d'una prima pellicola sottilissima e fragile, la quale, rotta e rimpastata più volte, e sempre più ingrossata per la solidificazione di nuovi straterelli che andavano attaccandosi alla sua superficie interna, divenne alla fine una crosta solida, ma ancora flessibile e cedevole a motivo del suo spessore sempre piccolissimo in confronto della sua grandissima superficie.

La sempre crescente contrazione della massa fusa sottoposta, in conseguenza del suo continuo raffreddamento, diede origine ai primi continenti ed ai primi bacini di mari che si produssero alla superficie del globo, alle contorsioni e rotture di strati, di cui rimangono tuttora le vestigia nei terreni azoici, ed alle emersioni di rocce ignee che formarono i nuclei delle prime catene montuose, ed i filoni e dicchi che attraversarono le rocce più antiche. La superficie della terra era ancora deserta e morta: nessun animale, nessuna pianta ne ravvivava la triste uniformità.

Diminuita ancora la temperatura, poterono poi condensarsi le acque, che cangiarono in mari e laghi le depressioni del suolo, lasciando sporgere le gibbosità e i rialzi della crosta solida, a formare i continenti e le isole. In questa prima epoca di quiete un potere supremo creò i primi esseri viventi, e tutta la superficie del suolo fu ben tosto ornata da una numerosa varietà di piante e ravvivata da una lunga serie di animali tanto terrestri che acquatici. Si videro i primi rappresentanti quasi d'ogni classe d'animali, distinguendosi però fra tutti, per numero e per varietà di forme, i molluschi cefalopodi e brachiopodi, buon numero di pesci, mentre il regno vegetale era rappresentato quasi soltanto dalle piante acrogene (felci arboree, licopodiacee, equisetacee, ecc.); e doveva essere uno spettacolo veramente singolare veder tutti i paesi abitati dagli stessi animali, dalle stesse piante, tutte in ge-

nerale di forme simili a quelle che s'incontrano oggidì nella zona torrida.

Un nuovo cataclisma pose fine a quell'epoca di quiete apparente; si sollevarono nuove montagne; alcune delle già esistenti crollarono; cangiarono forma i continenti ed i mari; e tutti gli animali rimasero estinti, e di molti tra essi, che restarono sepolti nei sedimenti, troviamo ancora gli avanzi nei fossili di cui sono ricche le rocce stratificate che si formarono in quell'epoca. Ritornata poi la calma, comparvero altri animali di specie diverse dagli estinti; il regno vegetale fu arricchito di nuove specie, e cominciò la formazione di nuovi sedimenti, che continuarono ad aumentare in altezza, sinchè venne un terzo cataclisma a chiudere questa seconda epoca di quiete, distruggere tutti gli animali di nuovo creati, cangiare per la seconda volta la forma dei continenti e dei mari, e rendere irta la superficie del globo di nuove montagne.

Una terz'epoca di quiete tenne dietro anche a questo cataclisma, e in tal modo si succedette, per un lunghissimo, incommensurabile volger di tempo, una serie alternante di epoche di quiete, in cui comparvero sempre nuove forme d'animali d'ogni forma e si formarono altrettanti depositi coi detriti delle rocce preesistenti, e di epoche di sconvolgimento, in cui sorsero altrettante catene montuose, si sprofondarono nuovi fondi di mare, cangiarono di luogo le acque e le terre continentali, e andarono mano mano estinguendosi tutti gli animali successivamente comparsi nelle epoche di riposo.

In tal modo, dopo un certo numero d'epoche di riposo, caratterizzate ciascuna da speciali forme animali, e nelle quali la superficie del globo subì molte successive variazioni, la corteccia solida andò sempre più acquistando in grossezza e in solidità, l'influenza del calore centrale sulla superficie della terra divenne sempre più debole, e per conseguenza cominciarono a poco a poco a distinguersi i climi attuali, ed arrivò finalmente la grande commozione generale, per la quale le Alpi acquistarono il

loro rilievo attuale. Allora il bacino della grande vallata lombarda fu coperto dall'immensa congerie di frammenti d'ogni dimensione delle rocce alpine, trasportata dalle acque prodotte dalla fusione dei ghiacciai che preesistevano nelle Alpi sorte in anteriori cataclismi; e si avrebbe avuto l'imponente spettacolo d'un'immensa corrente acquea e fangosa, ricoperta di zattere di ghiaccio galleggianti e cariche di massi erratici, che dopo aver oltrepassati i laghi e le valli e depostovi buon numero dei loro massi, andarono a spargersi fra le colline e sulla pianura, mentre le acque fangose trasportavano, insieme col limo, colle sabbie e colle ghiaie, un gran numero di ossami d'orsi, elefanti, cervi, rinoceronti, balene, ecc., e li deponevano qua e là, sia nelle grotte, sia nei crepacci delle rupi, sia entro gli strati alluvionali della pianura.

Anche questa volta la quiete fu ristabilita dopo un lungo periodo di scompiglio, e nuovi animali comparvero ad abitare la superficie terrestre; ma le condizioni d'esistenza eransi ben mutate: la temperatura non era più, come dapprima, più o meno uniforme su tutta la terra, ma si distinsero nettamente le zone glaciali, temperate e calde ed i climi quali sono oggidì, e per conseguenza tutti gli esseri viventi furono in un modo più vario distribuiti sulla superficie del globo, sì che la Lombardia, per esempio, cessò di esser abitata dai rinoceronti, dagli elefanti, dai castori, ecc., ed ornata dalle palme e dalle altre piante ora proprie di paesi più caldi. Ma il carattere che più di tutto distingue quest'epoca è la comparsa dell'uomo.

Ma dall'epoca in cui le Alpi acquistarono il loro attuale rilievo sino ad ora la quiete non fu sempre costante: alcune oscillazioni del suolo la turbarono ad epoche differenti, non solo per effetto di terremoti o di vulcani ordinarii, ma anche dopo veri sollevamenti di montagne e di coste marittime nella Grecia, in molti luoghi d'Italia e di buona parte delle Ande d'America; e loro effetti sono probabilmente i diluvii di cui fanno cenno la Bibbia e le tradizioni

antichissime dei Greci, degli Indiani, degli Egizii, ecc.; mentre ora rimangono a dar segno dell'interna attività del nostro globo soltanto pochi vulcani e qualche lentissimo movimento del suolo.

180. Cosmogonia e geogenia di Dalmas (*). — A compiere l'esposizione delle principali ipotesi e teorie geologiche sulla storia del globo terrestre, aggiungiamo alcuni cenni sul modo con cui Dalmas, appoggiandosi quasi agli stessi fatti che gli altri geologi, ma seguendo la scorta del principio generale che le forze naturali non devono aver cangiato mai il loro modo di agire e che soltanto ne sono diversi gli effetti a seconda delle diverse circostanze in cui esse agiscono, è giunto ad una teoria assai diversa da quelle più generalmente ammesse.

In natura, dice egli, s'incontrano effetti di forze nettuniche, quali sono per esempio le corrosioni e i sedimenti, ed effetti di forze ignee, e sono specialmente lo stato originario di fusione delle rocce emersorie, il metamorfismo delle rocce sedimentarie, ecc. Le tracce d'un calor sotterraneo e la fluidità delle rocce emersorie, sì antiche come moderne, provano che sotto alla crosta solida v'ha un nucleo allo stato di fusione ignea, e che assai probabilmente nei primi tempi trovavasi in quello stato anche tutta la superficie del globo, giacchè altrimenti questa non avrebbe potuto assumere la sua forma attuale d'un ellissoide di rotazione: ma quale sarà la causa di questa fusione ignea?

Buffon imaginò che una cometa, cadendo obliquamente sul sole, gli togliesse una porzione della sua materia incandescente e la lanciasse nello spazio a dar origine, pel suo raffreddamento, ai pianeti ed ai loro satelliti. Ma la

(*) *La Cosmogonie et la Géologie, basées sur les faits physiques, astronomiques et géologiques, qui ont été constatés ou admis par les savants du dix-neuvième siècle, et leur comparaison avec la formation des cieux et de la terre, selon la Genèse*, par M. J. B. Dalmas, Lyon, 1832. Venni a conoscere questa operetta soltanto mentre si stampavano i fogli precedenti, ed è perciò che non ho potuto profittarne nella compilazione della parte teorica di questo Sunto, come sarebbe stato mio desiderio.

sua ipotesi fu presto abbandonata perchè si trovò interamente assurda.

Laplace e i suoi seguaci ammettono che una volta tutto il sistema solare fosse formato di materia ridotta allo stato aeriforme o vaporoso per l'azione d'uno sterminato calore, e che quella materia vaporosa, durante un lunghissimo volger di tempo, sia andata mano mano raffreddandosi per l'irradiazione del calore negli spazii planetarii freddissimi, e siasi condensata poco per volta a formare tanti globi di materia fusa, e che il sole sia uno di que' globi ancora incandescente, e la nostra terra sia stata tutta fusa in origine ed oggidì sia composta d'un nucleo interno fuso e di una crosta solida formatasi alla sua superficie. Dalmas tentò combattere questa opinione ora generalmente ammessa dai geologi. Si sa, dic'egli, che lo stato normale del fluido calorifico (etere) è d'essere latente finchè rimane in riposo e non vien messo in vibrazione da un corpo ponderabile che vibri o sia fatto vibrare. E se quindi si ammetta, come ammettono i geologi, che nelle epoche anteriori alla formazione del nostro sistema solare tutti gli atomi fossero sparsi per lo spazio, distanti gli uni dagli altri e non riuniti a formare il sole e le stelle che in oggi fanno vibrare l'etere calorifico; e se si ammetta in oltre che quegli atomi fossero già fin d'allora dotati del movimento di traslazione da occidente verso oriente, che si osserva attualmente in tutti i corpi celesti prodotti dalla riunione di quegli atomi, e quindi non potessero fra loro avvicinarsi nè urtarsi, come due palle eguali che si muovano colla medesima velocità nella stessa direzione, è facile comprendere come in quell'epoca remotissima non era possibile che l'etere ricevesse alcuna impulsione dagli atomi ponderabili, e quindi non vi doveva essere sviluppo alcuno nè di calorico nè di luce, in conseguenza degli urti reciproci degli atomi o delle loro chimiche combinazioni. L'incandescenza del sole e di tutti i pianeti, conchiude Dalmas, non potè quindi aver principio se non quando gli atomi si trovarono abbastanza avvicinati fra loro, per effetto delle

reciproche attrazioni, in modo da scacciare una grande quantità del calorico latente (od etere calorifico) ad essi interposto e da rendere possibili fra loro le prime chimiche combinazioni: il che avvenne assai probabilmente quando tutta la materia cosmica, che dapprima trovavasi sparsa uniformemente in tutto lo spazio, si trovò raggruppata a formare dei globi distinti più o meno densi, e separati gli uni dagli altri da spazii vuoti od al più occupati da una materia molto meno costipata.

Questi sono, a nostro parere, i più forti tra gli argomenti che Dalmas oppone alla teoria della fusione ignea primitiva di tutta la materia, giacchè ci sembrano quasi senza forza gli altri fondati sulla nessuna variazione sofferta dalla terra da due mila anni in qua, sull'invariabile durata dell'anno e per conseguenza sull'inalterabilità dei volumi del sole e dei pianeti, sulla debolissima influenza che esercita il calore sotterraneo sullà sua superficie, sulle alterazioni che avverrebbero nella superficie della terra in conseguenza delle maree di una massa liquida interna, ecc.

Passa poi Dalmas a considerare la costituzione fisica del sole, e rammenta, dietro l'opinione dei moderni astronomi, ch'esso è composto d'un globo centrale oscuro ed opaco, come la terra e i pianeti, di un'immensa atmosfera tutta ingombra di nubi densissime e che circonda il globo oscuro, e di una seconda atmosfera, tutta splendente e gassosa, e detta perciò *fotosfera*, che copre l'atmosfera nuvolosa e che, rompendosi spesso qua e là in modo da rendere visibili le parti interne oscure, dà origine alle macchie irregolari, mobili e nerastre che si vedono nel disco solare. I fisici poi, dic'egli, trovano tanta somiglianza fra la luce solare, le aurore boreali e la luce elettrica che, fondandosi sull'esistenza delle correnti elettriche parallele all'equatore che rendono la terra come un'immensa calamita, ammettono quasi che la luce solare sia prodotta da potentissime correnti elettriche che percorrano la fotosfera e la rendano sì splendente e calda da poter essere dispensatrice di luce e di calore a tutto il sistema planetario, di

cui occupa il centro. E da tutto ciò Dalmas deduce infine che, quando il globo solare era ancora formato di atomi isolati ed occupanti un estesissimo spazio, l'etere (o il fluido elettrico, lumico e calorifico) trovavasi ancora latente tra essi, e non dovette svilupparsi e produrre le correnti elettriche, la luce e il calore se non quando gli atomi, per effetto dell'attrazione universale, furono così ravvicinati da formare una massa più ristretta e stipata.

Dietro queste considerazioni, Dalmas non esita a credere che la terra, come il sole e tutti gli altri corpi celesti, sia stata in origine formata da una massa di materie più o meno simili ai metalli alcalini e terrosi, sparsa in particelle infinitamente piccole in una grandissima estensione dello spazio, e commista agli atomi dell'ossigeno e degli altri corpi mineralizzatori che ora trovansi uniti ai metalli alcalini e terrosi a comporre la maggior parte dei minerali e delle rocce, ed all'etere produttore dei fenomeni elettrici, della luce e del calorico; e che poi gli atomi di quelle materie, a poco a poco avvicinandosi per la forza d'attrazione universale, siano giunti a formare un globo quasi tutto metallico e circondato da un inviluppo di sostanze aeriformi. Allora soltanto, soggiunge egli, furono gli atomi così ravvicinati e così compressi fra loro da espellere gran parte dell'etere che dapprima stava latente tra essi, e da dare per conseguenza origine alle prime correnti elettriche, ai primi fenomeni luminosi ed alle prime manifestazioni del calorico; ed allora soltanto cominciò ad aver origine l'acqua per la combinazione dell'idrogeno e dell'ossigeno contenuti nell'atmosfera, ed ebbe principio la incandescenza della superficie del globo, in conseguenza del contatto fra l'acqua nuovamente formata e la massa metallica, nello stesso modo che nelle esperienze di Davy si faceva incandescente e si ossidava il potassio su cui si facesse cadere una minuta pioggia di acqua (*). Da questa

(*) Se si fa cadere una minuta pioggia d'acqua sopra una massa di potassio metallico, questo divien tutto incandescente, scompone l'acqua e s'impadronisce del suo ossigeno, lasciando in libertà l'idrogeno che si ac-

ossidazione della superficie della massa terrestre, composta quasi tutta di metalli alcalini e terrosi, ebbe origine l'immensa quantità di silice, di potassa, di soda e delle altre terre che, in conseguenza del calore intenso sviluppato in quell'ossidazione, si unirono a formare le rocce cristalline che oggidì vedonsi formare inalterate, ovvero coi loro detriti, tutta la superficie della terra.

V' ha un'ultima serie di fatti che servirebbe d'appoggio alla teoria del Dalmas, ed è quella che si riferisce alla distribuzione ed ai moti di tutti i corpi celesti da noi conosciuti. Oramai è provato, dic'egli, che questi corpi formano un immenso tutto, della forma generale d'una lente, disposto nello spazio in modo che le sue maggiori dimensioni sono press'a poco parallele alla eclittica; e che tutti (la terra e gli altri pianeti* del nostro sistema solare, i loro satelliti, il sole stesso e tutto ben anche l'immenso numero degli astri del cielo) si muovono, sia intorno ai loro assi, sia intorno ai loro corpi centrali (i satelliti intorno ai pianeti, questi intorno al sole e questo e tutte le stelle fisse intorno ad un centro non ancora ben determinato), in una sola direzione, da occidente ad oriente, con un ordine ed un'armonia che dimostrano l'esistenza di una causa unica e di un'unica legge generale che regoli i movimenti di tutto il creato. Nulla quindi è contrario alla credenza che tutti quei corpi siano stati in origine altrettante parti d'una massa unica, divisa in appresso in un numero infinito di corpi distinti per effetto dell'attrazione universale: ed anche la scoperta delle stelle nebuloze, che sembran formate di sostanze vaporose o gasiformi che si vadano concentrando in uno o più nuclei solidi, sem-

cende a quell'intenso calore. Continuando l'operazione, il metallo continua ad ossidarsi alla superficie e si copre d'una crosta di potassa, nella quale poi si forma buon numero di crepacci e di rialzi paragonabili alle catene montuose, in causa dell'acqua che va a scomporsi a contatto del metallo rimasto ancora malterato al di sotto della crosta, finchè tutto il metallo è ossidato e trasformato nella sostanza terrosa che si chiama potassa. Analoghi fenomeni si osservano facendo l'esperienza cogli altri metalli alcalini e terrosi, come col sodio, col calcio, ecc.

bra rendere ancor più probabile siffatta opinione sul primitivo stato dell'universo. Così la pensò anche Laplace, ma il suo errore, secondo Dalmas, fu l'aver supposta tutta la materia ridotta in vapori mediante un intenso calore; errore di cui non devesi fargli carico, perchè a' suoi tempi non essendo ben nota la vera costituzione del sole, e credendosi questo corpo composto di sostanze solide o liquide incandescenti, era naturalissimo il supporre che un'analogia composizione avessero avuto in origine anche tutti gli altri membri del sistema planetario.

Da tutto quello che finora abbiamo esposto il Dalmas trae la sua teoria, che qui esporremo il più brevemente che ci sarà possibile.

In principio Dio creò tutta la materia allo stato atomico e caotico. Gli atomi erano isolati, liberi, non uniti per alcuna composizione chimica, e formavano una sola ed immensa nebulosità di materia inerte, impalpabile, che occupava tutto lo spazio in cui si stende oggidì l'intero universo, e già sin d'allora si aggirava intorno ad un centro, movendosi rapidamente da occidente verso oriente. L'etere era sparso da per tutto fra gli atomi ponderabili, come l'aria sta fra le molecole di polvere che si vedono attraverso ogni raggio di luce che penetri per un piccolo pertugio in una camera oscura; e non essendo messo in moto da alcun agente, perchè gli atomi non si urtavano fra loro nè potevano combinarsi chimicamente, non si manifestava in alcun fenomeno di elettricità, di luce o di calorico, e tutto l'universo era perciò interamente immerso nelle tenebre.

Quando l'attrazione universale cominciò ad agire e gli atomi principiarono ad avvicinarsi fra loro, l'etere, scacciato da loro, si ridusse verso la superficie del tutto da' medesimi formato e cominciò ad agire, dando origine alle prime correnti elettriche; le quali poi, essendo tutto l'etere cacciato dal movimento di rotazione verso i poli della massa totale di materia, produssero intorno a questi poli i primi fenomeni di luce, simili ad estesissime aurore boreali.

La materia, continuando sempre a condensarsi, e nel tempo stesso essendo spinta dalla forza centrifuga verso l'equatore della gran massa da lei formata, si distese ed acquistò poco per volta la forma d'una lente, e nell'istesso tempo si divise in un immenso numero di parti distinte, destinate a formare altrettanti nuclei nebulosi che continuarono sempre a girare intorno al centro di tutto l'universo e a ruotare intorno al loro proprio asse, ed uno dei quali doveva in progresso di tempo dar origine al nostro sistema solare.

Questo primo embrione del nostro sistema solare, continuando sempre a muoversi intorno al punto centrale di tutto l'universo, si suddivise poscia in un corpo centrale grandissimo (il sole) ed in un certo numero di anelli concentrici, i quali a poco a poco si trasformarono in altrettante masse globulose che continuarono ancora a girare intorno al corpo centrale, e con esso intorno al centro dell'universo. Di tali masse minori poi, che a poco a poco cominciarono esse pure a ruotare intorno al loro proprio asse, alcune rimasero indivise e diedero origine ai pianeti senza satelliti, ed altre si suddivisero ancora al modo solito, dando origine ai pianeti muniti di una o più lune.

In tal modo, pel continuo costiparsi della materia inerte, per effetto della forza di attrazione universale, si formarono a poco a poco le singole masse che costituiscono il nostro sole co' suoi pianeti e satelliti, e tutte le innumerevoli stelle impropriamente chiamate stelle fisse, che sembrano altrettanti soli accompagnati dai rispettivi pianeti e tutti dotati dei loro moti intorno ai proprii assi ed intorno ai corpi centrali dei loro sistemi. E siccome tutto questo costiparsi della materia avveniva senza alcun rapido e considerevole sviluppo di calore e di elettrico, così ogni globo poté riescire formato di sostanze metalliche non ossidate, e l'ossigeno e gli altri corpi gassosi, a motivo del loro peso specifico minore, rimasero liberi ad involgere quei globi di altrettante atmosfere.

Durante questo condensamento della materia l'etere era cacciato sempre in maggiore quantità dall'interno delle

masse che andavano formandosi, e si radunava ai poli dei singoli globi, producendovi correnti elettriche e per conseguenza aurore boreali; e nell'istesso tempo gli atomi dei corpi gassosi dell'atmosfera giungevano a tale vicinanza da combinarsi fra loro chimicamente, sì che avevano allora origine le prime combinazioni dell'ossigeno coll' idrogeno, coll'azoto e cogli altri gas ancora liberi.

L'acqua in tal modo prodotta cominciò in allora a bagnare d'ogni parte il globo di materie metalliche; queste scomposero alla lor volta l'acqua, si ossidarono, si fecero incandescenti, si fusero e si combinarono fra loro dando origine a silicati d'ogni genere e alle prime rocce cristalline. Una parte delle acque cadute fu quindi scomposta e servi alla produzione delle rocce; un'altra fu evaporizzata dal calore sviluppato dalla ossidazione dei metalli e dalle correnti elettriche al di sopra dell'atmosfera e si ridusse in nubi; ed una terza rimase a coprire d'un sottile strato le parti più declive della superficie del globo, ad onta della loro incandescenza, come nelle esperienze di Boutigny.

Per l'irradiamento del calore, le parti più superficiali e formate di rocce cristalline, a poco a poco tornarono a solidificarsi, e formarono una prima crosta sottilissima, attraverso le fessure della quale continuò l'acqua a portarsi sulla parte ancor metallica; onde si fece incandescente un secondo strato di materie metalliche, sotto al più superficiale che si era già solidificato. In questo secondo strato si ripeterono i fenomeni accennati pel primo, e le nuove rocce formate, dilatate pel calore ed aintate dai gas prodotti in quelle operazioni chimiche, smossero qua e là la crosta superficiale e formarono le prime montagne piccole e indeterminate, mentre le acque dei mari cominciarono a correre le rocce già fatte ed a produrre sedimenti di rocce detritiche, ed un gran numero di emissioni di materie calcaree vennero a fornire alle acque altri materiali pei loro sedimenti.

Il sole intanto, a motivo della immensa sua massa, si andava avvicinando con estrema lentezza al suo stato attuale.

Ma quando sulla terra erano già formati i primi mari e i primi continenti, l'etere alla superficie del sole non era così sviluppato da produrre tanta luce come oggidì, e i suoi effetti si riducevano ad una continua aurora boreale che inviava poca luce e poco calore alla terra. Questa era perciò in quel tempo illuminata un po' dalle aurore boreali del sole e un po' dalle proprie, e riscaldata dall'incandescenza degli strati sotterranei e dalle proprie correnti elettriche; e l'atmosfera era molto calda ed umida per il soverchio calore del suolo. La superficie del globo quindi, illuminata e riscaldata quasi uniformemente da per tutto, coperta di un'atmosfera umida e calda, e rivestita dei detriti delle rocce esistenti, trovossi allora per la prima volta nelle circostanze favorevoli per la vita delle piante; ed infatti in quel tempo comparvero i primi vegetabili, dei quali troviamo gli avanzi fossili nei terreni più antichi.

Ma le cose non rimasero stazionarie. Le rocce formate e fuse nel secondo strato si solidificarono ed accrebbero lo spessore della crosta solida; nuov'acqua filtrò per esse ed ossidò nuovi metalli, e si formò un terzo strato di rocce fuse, che produssero nuove dislocazioni nella corteccia terrestre dando origine a nuove catene di montagne, a nuove depressioni ed a nuove variazioni nelle forme dei continenti: nel mentre che il sole giungeva anch'egli quasi allo stato attuale, le correnti elettriche si sviluppavano su tutta la sua superficie a rendere splendente la fotosfera, la luna cominciava a riflettere sulla terra tutta quella luce, e le stelle compivano esse pure, come il nostro sole, le loro fotosfere e cominciavano a brillare nel cielo.

L'attività interna della terra non si spense sì presto, ma continuò nelle sue lente e regolari operazioni: si formarono nuovi strati di rocce solide, nuovi strati metallici si ossidarono e si fecero incandescenti, e di tratto in tratto avvennero nuove estese dislocazioni alla superficie del globo, di tanto maggior mole e ad intervalli tanto più grandi quanto più andò crescendo lo spessore della crosta solida e divennero necessarie forze più potenti per romperla. Durante

questo lungo alternare d'epoche di riposo e di cataclismi comparvero sulla superficie terrestre le varie specie d'animali, prima gli acquatici, poi i terrestri ed infine l'uomo; e la crosta solida del globo andò mano mano ingrossandosi, lo strato incandescente si fece mano mano più profondo, e l'influenza del calore sotterraneo sulla temperatura della superficie del globo andò sempre più diminuendo, sino a divenir quasi nulla come nell'epoca attuale.

Secondo questa teoria, il globo sarebbe attualmente composto di una crosta ossidata superficiale dello spessore di 20 a 40 chilometri; di uno strato in cui l'acqua, filtrata attraverso la crosta solida, continua a produrre l'ossidazione dei metalli alcalini e terrosi, l'incandescenza della massa e la formazione di nuove rocce fuse (le lave); e finalmente di un immenso nucleo interno, tutto di metalli nativi, disposti secondo l'ordine delle loro densità, i più pesanti al centro della terra. I vulcani sarebbero ancora prodotti dalle acque filtrate attraverso la corteccia sino allo strato incandescente; una porzione d'esse scomponendosi darebbe origine alla ossidazione dei metalli ed alla produzione dei gas idrogenati che s'incontrano nei vulcani insieme colla gran massa di vapore acqueo prodotta dal restante dell'acqua filtrata. E il volume del globo terrestre non sarebbe aumentato nè diminuito, perchè l'aumento in volume delle rocce che si fondono sarebbe equilibrato dalla contrazione di quelle che invece passano dallo stato liquido allo stato solido cristallino. Questa teoria andrebbe quindi d'accordo col fatto che da duemila anni in qua non avvenne alcuna variazione nella durata del giorno e dell'anno.

Ma anche quando si ammetta che il volume totale del globo non abbia diminuito, rimarrebbe ancora a indagarsi se ed in quali casi le montagne fossero prodotte dallo sviluppo dei gas svolti nell'ossidazione dei metalli, oppure dall'aumento o dalla diminuzione in volume delle rocce fuse; giacchè potrebbe darsi che qualche volta la dilatazione delle rocce che si fondono e la contrazione di quelle che si solidificano non fossero esattamente compensate, e che le mon-

tagne avessero origine ora dall'aumento ed ora dalla diminuzione del volume delle rocce in fusione racchiuse fra la crosta solida e il nucleo metallico.

181. Geogenia della Bibbia. — Le deduzioni teoriche che abbiamo esposte, quali i segnaci di Cuvier e di E. de Beaumont le traggono dai fatti di cui si occupa la geologia, ed anche questi stessi fatti concordano mirabilmente col racconto mosaico intorno alla creazione, ed ecco in che modo.

Mosè, dopo averci narrato che *Dio in principio creò il cielo e la terra, che la terra era dapprima informe, vuota e circondata di acque e di tenebre, che Dio creò in appresso la luce e la separò dalle tenebre*, ci dice che *nel secondo giorno fece il firmamento, e divise con esso le acque inferiori dalle superiori* (*). Queste frasi generali non danno una guida, ma nemmeno si oppongono all'opinione la quale ammette che tutto l'universo sia stato una volta allo stato vaporoso, e che quindi il globo terrestre siasi trovato in origine allo stato di fusione ignea; anzi alcune espressioni sembrano alludere a siffatta teoria. Infatti nulla si oppone alla credenza che, essendo la terra fusa e caldissima, le acque fossero nello stato di vapore e la ravvolgessero insieme coll'atmosfera gassiforme; e che poscia la terra, pel suo successivo raffreddamento, si sia in parte consolidata alla superficie, e una porzione delle acque abbia potuto precipitarsi sovr'essa, inondandola totalmente (*acque inferiori*), mentre l'altra porzione rimaneva ancora in alto a formare le nubi (*acque superiori*), restando le une dalle

(*) *In principio creavit Deus cœlum et terram. Terra autem erat inanis et vacua, et tenebræ erant super faciem abyssi: et spiritus Dei ferebatur super aquas. Dixitque Deus: Fiat lux; et facta est lux. Et vidit Deus lucem quod esset bona: et divisit lucem a tenebris. Appellavitque lucem diem, et tenebras noctem. Factumque est vespere et mane dies unus. Dixit quoque Deus: Fiat firmamentum in medio aquarum: et dividat aquas ab aquis. Et fecit Deus firmamentum, divisitque aquas quæ erant sub firmamento ab his quæ erant super firmamentum. Et factum est ita. Vocavit Deus firmamentum cœlum. Et factum est vespere et mane dies secundus. Gen., I, 1-8.*

altre separate per mezzo dell'atmosfera (*), la quale anche oggidì si chiama volgarmente *cielo* (*firmamento*). Si potrà ben da taluno obiettare che un siffatto raffreddamento avrebbe richiesto un tempo assai più lungo d'un giorno, e che sarebbe incompatibile colle parole della Bibbia, salvo che l'onnipotenza divina avesse saputo produrlo in sì breve tempo. Ma questa obiezione cade subito quando si voglia ammettere che Mosè non abbia voluto parlare di *giorni* ma di *tempi indeterminati* (**). Giova infine ricordare che, potendo esistere la luce senza il sole e gli altri astri, non può ritenersi assurdo il racconto di Mosè, secondo il quale la creazione della luce precedette quella del sole e degli astri; e che, essendo la luce sì collegata cogli altri fluidi imponderabili da potersi quasi supporre che tutti siano una sola cosa sotto diverse apparenze, è assai probabile che, insieme colla luce, siano stati creati anche l'elettrico, il calorico e il magnetismo, e Mosè non ne abbia parlato pel solo motivo di adattarsi all'intelligenza del suo popolo (***).

(*) Il testo ebreo adopera la parola pronunciata da alcuni *rachin* e da altri *rachiah*, che significa *qualche cosa di espanso, firmamento e cielo*.

Dalmas, fedele alla sua teoria, interpreta in un modo un po' diverso i primi versetti della Bibbia. La terra, secondo lui, era *inerte e vuota* quando i suoi atomi erano ancora sciolti, e l'etere (lo *spirito di Dio*) si aggirava all'intorno della massa terrestre, non però ancora in tale quantità da produrre la luce, e le *tenebre erano quindi sull'abisso* delle materie terrose allo stato incoerente: la *luce fu fatta* quando quell'etere cominciò a produrre le prime aurore boreali, limitate entro un certo spazio e perciò *divise dalle tenebre*; ed il *firmamento* fu lo spazio lasciato fra le materie terrestri e quelle dei corpi celesti, ancora incoerenti e quasi fluide (le *acque inferiori e superiori*), quando esse cominciarono a dare origine alle differenti masse che ora si aggirano isolate nello spazio. Quelle pafole *acque inferiori e superiori* potrebbero però, anche ammettendo la teoria di Dalmas, significare le acque condensate alla superficie della terra e quelle sparse allo stato di vapore nell'atmosfera per effetto dell'intenso calore sviluppato dall'incandescenza della superficie della terra in conseguenza del suo rapido ossidarsi pel contatto dell'acqua sovr'essa condensata.

(**) Infatti il vocabolo ebraico *iom* significa tanto un *giorno* di ventiquattr'ore come un *tempo* indeterminato.

(***) Questa opinione trova una qualche conferma nel significato complesso del vocabolo ebraico *aor*, che significa ora *luce* ed ora *fuoco*.

Nel terzo giorno, narra la Bibbia, *Iddio fe' radunare le acque inferiori in un sol luogo ed apparire le terre asciutte, e a queste comandò di germogliare erbe e piante coi loro semi e frutti* (*). — Ammessa la fluidità ignea primitiva del globo terrestre, ed ammesso il significato indeterminato del vocabolo *giorno*, tutto il restante della narrazione biblica non offre che una serie di prove della verità delle teorie geologiche. Infatti la separazione delle terre ferme dalle acque dei mari, com'è accennata da Mosè, concorda evidentemente colle teorie geologiche sull'origine delle montagne. « Il silenzio di Mosè, osserva il signor Turner (**), non ci somministra una storia particolare sulla geologica costruzione della terra; ed ei permette con ciò una libera latitudine di speculazione, nè rigetta l'investigator filosofico; solo ei ci presenta pochi punti o cenni che non mai incontrarono disapprovazione da alcuno, sebbene sia stato osservato che vi vogliono* grandi talenti, grande raziocinio e vaste cognizioni per conciliarli con precisione e per ispiegarli ove sembrano contradirsi. » Potrebbe obiettare che le montagne dovrebbero, secondo la Bibbia, aver avuto origine tutte nello stesso tempo e non in epoche successive, giacchè vi si parla una volta sola della loro formazione. « Ma, risponderebbe lo stesso autore, il ragguaglio mosaico non limita espressamente il processo ed il compimento delle formazioni che compongono il nostro mondo a quel momento od a quel giorno in cui fu dato l'ordine della loro comparsa. Il comando indica l'origine e

(*) *Dixit vero Deus: Congregentur aquæ, quæ sub cælo sunt, in locum unum: et apparent arida. Et factum est ita. Et vocavit Deus aridam, terram, congregationesque aquarum appellavit maria. Et vidit Deus quod esset bonum. Et ait: Germinet terra herbam virentem et facientem semen, et tignum pomiferum faciens fructum juxta genus suum, cujus semen in semetipso sit super terram. Et factum est ita. Et protulit terra herbam virentem et facientem semen juxta genus suum; tignumque faciens fructum, et habens unumquodque sementem secundum speciem suam. Et vidit Deus quod esset bonum. Et factum est vespere et mane dies tertius. Gen., 1, 9-13.*

(**) Turner, *La Storia sacra del mondo*, tradotta da monsignor B. Bartelloni, Lucca, 1837.

principia l'esecuzione di ciò che è comandato: ma quella operazione specifica, così incominciata, può ragionevolmente suppersi che continuasse ad essere operativa anche in seguito, fintanto che esisteva la necessità di ciò che da lei si voleva. • Noi possiamo quindi credere che nella terza era del mondo abbia avuto principio quella serie di epoche di calma e di cataclismi le cui tracce s'incontrano sulla terra, e che essa abbia continuato in tutte le epoche successive, dando poco per volta alla superficie terrestre la forma che ha di presente. Le prime montagne e i primi continenti uscirono dunque dalle acque nella terza epoca della creazione, ed appena surte vennero rivestite della copiosa vegetazione di cui si trovano gli avanzi nei più antichi terreni paleozoici (*).

Nel quarto giorno, racconta Mosè, *Dio creò il sole, la luna e le stelle, perchè presiedessero al giorno e alla notte, e segnasero i tempi, i giorni e gli anni* (**). Queste

(*) Nella prima epoca del mondo sarebbe avvenuto, secondo la teoria di Dalmas, il primo condensamento della materia cosmica, e l'etere, raccolto intorno ad essa, avrebbe dato origine ai primi fenomeni luminosi. Nella seconda il condensamento della materia avrebbe proseguito, dando origine agli innumerevoli globi che si aggirano nello spazio, sarebbe caduta per la prima volta l'acqua sulla superficie del globo terrestre, avrebbe prodotto l'incandescenza e l'ossidazione dello strato metallico più superficiale, dopo di che si sarebbe formata la prima crosta solida. Nella terza, filtrando l'acqua attraverso questa crosta solida, avrebbe reso incandescente lo strato metallico ad essa sottoposto ed avrebbe quindi dato principio alla serie di epoche di calma e di cataclismi, durante le quali la crosta solida acquistò poco per volta la sua forma attuale. Nella quarta si sarebbe compiuta la formazione delle fotosfere del sole e delle stelle, che avrebbero quindi cominciato a brillare nel cielo. Nella quinta e nelle altre epoche finalmente il globo terrestre avrebbe a poco a poco acquistato la sua forma ed i suoi climi attuali, e sarebbe stato arricchito di tutte quelle produzioni vegetali ed animali che si trovano fossili negli strati sedimentari e che vivono in oggi alla sua superficie.

(**) *Dixit autem Deus: Fiant luminaria in firmamento caeli, et dividant diem ac noctem, et sint in signa et tempora, et dies et annos. Ut luceant in firmamento caeli, et illuminent terram. Et factum est ita. Fecitque Deus duo luminaria magna: luminare majus, ut praeset diei: et luminare minus, ut praeset nocti: et stellas. Et posuit eas in firmamento caeli, ut lucerent super terram. Et praesent diei ac nocti, et dividerent lucem ac tenebras. Et vidit Deus quod esset bonum. Et factum est vespere et mane dies quartus.* Gen., I, 14-19.

frasi non abbisognano di spiegazione: soltanto si potrebbe dimostrare l'opportunità dell'ordine tenuto nella creazione da ciò che Dio creò il sole e gli altri luminari allora che i vegetali cominciarono ad aver bisogno dell'alternanza dei giorni, delle notti e delle stagioni per poter vivere.

Nel quinto giorno, prosegue il racconto biblico, *creò Dio gli animali acquatici, gli uccelli ed ogni altro volante* (*); e d'altra parte i geologi trovano già nei più antichi sedimenti gli avanzi degli animali acquatici e dei volatili (**).

Il sesto ed ultimo giorno comprende la creazione *dei rettili di terra e d'ogni altro animale terrestre*, e poi quella *dell'uomo* (***); e la Geologia insegna che gli avanzi degli animali terrestri s'incontrano in generale più abbondanti nei sedimenti meno antichi di quelli che contengono avanzi di animali acquatici, e che dell'uomo non trovansi tracce se non nei terreni più recenti.

Segue poi nel racconto di Mosè la lunga serie d'anni durante la quale la costruzione dell'uman genere crebbe di

(*) *Dixit etiam Deus: Producant aquæ reptile animæ viventis, et volatile super terram sub firmamento cæli. Creavitque Deus cete grandia, et omnem animam viventem atque motabilem, quam produxerant aquæ in species suas, et omne volatile secundum genus suum. Et vidit Deus quod esset bonum. Benedixitque eis, dicens: Crescite et multiplicamini, et replete aquas maris: avesque multiplicentur super terram. Et factum est vespere et mane dies quintus. Gen., I, 20-23.*

(**) Qui si potrebbe osservare che, dando al vocabolo *cete* della vulgata il significato di *mostri marini* (giacchè il vocabolo ebraico corrispondente, *tanin*, in plurale *taninim*, significa *belva marina, cetaceo, serpente, drago, coccodrillo*), la concordanza della narrazione biblica colla geologia diventa ancora maggiore, essendo stati trovati ne' terreni antichi gli avanzi di giganteschi rettili marini ora perduti, mentre quelli di veri cetacei non s'incontrano che nei terreni recenti.

(***) *Dixit quoque Deus: Producat terra animam viventem in genere suo; jumenta, et reptilia, et bestias terræ secundum species suas. Factumque est ita. Et fecit Deus bestias terræ juxta species suas, et jumenta et omne reptile terræ in genere suo. Et vidit Deus quod esset bonum. Et ait: Faciamus hominem ad imaginem et similitudinem nostram: et præsit piscibus maris, et volatilibus cæli, et bestiis universæque terræ omnique reptili quod movetur in terra, ecc. Gen., I, 24-26.*

tanto che Iddio si determinò a castigarlo dapprima col *diluvio universale* e in appresso con altri mezzi, quali per esempio le eruzioni vulcaniche che, per volere divino, distrussero Sodoma e Gomorra.

Questo diluvio universale, che può avere una probabilissima spiegazione colle moderne teorie geologiche, non ne ebbe alcuna abbastanza soddisfacente colle altre; cosicchè alcuni, non sapendolo spiegare, lo negarono affatto, o almeno lo considerarono come un' inondazione parziale di un piccolo tratto di paese, ed altri misero in campo le prime strane ipotesi. S' immaginarono piogge straordinariamente abbondanti, acque rigettate dalle cavità sotterranee, venti fortissimi che spingessero le acque del mare a inondare le terre; si suppose che qualche corpo celeste colla sua forza d' attrazione conducesse le acque sopra i continenti, o che il cangiamento d' inclinazione dell' asse terrestre rispetto all' eclittica desse origine a piogge, inondazioni, ecc.; si volle perfino che le acque del diluvio provenissero dalla combustione di un' immensa quantità di gas idrogeno dapprima commisto all' ossigeno dell' aria..... Ma tutte queste ipotesi o sono puramente gratuite, o affatto assurde. Difatti, secondo le leggi della meteorologia, non si saprebbe concepire la formazione di piogge sì abbondanti: la densità media della terra, maggiore di quella della sua corteccia, si oppone all' esistenza di cavità sotterranee, dalle quali abbiano potuto uscire le acque a inondare la terra, per ritornarvi poi dopo, a fin di lasciare asciutti i continenti; i dati della Fisica e dell' Astronomia non forniscono alcuna prova che il diluvio debba la sua origine a venti straordinarii od all' attrazione d' un corpo celeste, od al cangiamento d' inclinazione dell' asse della terra; e l' ipotesi dell' accensione del miscuglio d' idrogeno ed ossigeno è sì strana che non merita nemmeno confutazione. Si potrebbe ben dire che Dio può aver fatto miracoli per produrre il diluvio; ma se una teoria riuscisse a spiegare questo fenomeno in un modo più naturale e più semplice di tutte le suaccennate, non ripugnerebbe, cre-

diamo, nè al buon senso nè alla fede il credere che Dio si sia servito di mezzi naturali e nel modo da quella indicato: e la teoria comunemente ammessa dai geologi è, come abbiamo già annunciato, quella che meglio soddisfa alle condizioni qui accennate.

Fra le catene montuose d'Europa noi troviamo pochi tronchi che abbiano i caratteri di una origine assai recente, quali sono, per esempio, gli strati sollevati e contenenti avanzi dell'industria umana; ma questi caratteri di origine recentissima s'incontrano nella quasi totalità delle lunghissime ed altissime catene delle Ande e dell'Asia centrale. Se ora consideriamo che nel terremoto del Chili, nel 1838, pel quale il suolo non soffrì che alcuni parziali sollevamenti di qualche metro, la scossa si fe' sentire nell'Oceano sin alla distanza di seimila chilometri, alle isole dell'Oceania, e che nei terremoti del Perù le acque irrupero sulle spiagge, distruggendovi le città e smovendovi grandi quantità di sabbie e ciottoli, non sembra improbabile che il contemporaneo sollevamento della maggior parte delle Ande e delle catene dell'Asia centrale sia stato accompagnato da tali movimenti della corteccia del globo da spingere le acque dei mari ad inondare tutti i continenti, producendovi considerevoli trasporti di sedimenti e dando la morte a tutti gli animali terrestri.

La semplicità di questa spiegazione; le tracce di grandi movimenti nella parte più recente del terreno di trasporto; la possibilità che il calore emesso dalle rocce ignee emerse in quel cataclisma abbia fatto evaporare molt'acqua, la quale poi siasi condensata di nuovo a produrre abbondantissime piogge; e finalmente la stessa espressione di Mosè: *rupti sunt omnes fontes abyssi magnæ* (*), che sembra alludere allo sconvolgimento delle grandi acque raccolte negli abissi dei mari, sono altrettante prove della verità della spiegazione dai geologi data del diluvio. Che se i geologi, nello interpretare il racconto mosaico della creazione col mezzo della fusione ignea primitiva e di tutte le sue conseguenze

(*) Gen., vii, 11.

sino al cataclisma che produsse il diluvio, ammettono l'azione di cause naturali, ciò non impedisce a loro di credere che la volontà divina, e non il caso, le abbia messe in azione in quelle epoche determinate.

I fatti osservati dai geologi, giova ripeterlo ancora, e le deduzioni teoriche che se ne traggono concordano pienamente col racconto mosaico della creazione, e spiegano chiaramente e completamente il diluvio universale. Ci è forza quindi conchiudere, che se la Bibbia avesse bisogno di prove, ne troverebbe una assai valida nella Geologia, e, reciprocamente, che la verità della Geologia è provata dalla Bibbia; e finalmente che se l'ignoranza, come osservava già Bacone, fa l'uomo incredulo, il progresso delle scienze tende continuamente a renderlo più religioso (*).

(*) Veggasi l'*Appendice alla Geogenia*, alla fine del volume.

CENNO STORICO

Quando si voglia confondere la Geologia colla Cosmogonia se ne potrebbe incominciare la storia dai primi tempi del genere umano, giacchè sin negli antichissimi libri indiani, chinesi ed egiziani, troviamo tracce di teorie cosmogoniche, più o meno simili tra loro, fondate sopra pochissimi fatti male osservati e costrutte quasi per intero dall'immaginazione dei poeti o sulle tradizioni popolari, e che tutte ammettono una successione di epoche, le une di riposo, le altre di cataclismi, sia acquei, sia ignei, pei quali la superficie terrestre cangiò più volte di aspetto e di natura. Modellati su quelle teorie, o piuttosto su quelle ipotesi, sono in generale i sistemi dei filosofi greci e latini, quantunque quasi tutti abbiano considerato i fossili come testimonianze dell'antico soggiorno del mare sui continenti, alcuni tra essi, come Pitagora, abbiano saputo tener calcolo delle cause che attualmente modificano la superficie terrestre, ed altri, come il geografo Strabone, abbiano ben osservato che i fiumi coi loro sedimenti tendono ad asciugare i laghi ed i mari, e che i vulcani sono quasi da considerarsi come valvole di sicurezza, atte a dare uno sfogo ai fuochi sotterranei, i quali altrimenti produrrebbero i terremoti.

Allorchè, dopo la decadenza dell'impero romano, le scienze divennero per qualche tempo retaggio degli Arabi, anche alcuni fatti che in oggi spettano alla Geologia furono osservati e diedero origine a novelle ipotesi. Così, per esempio, nel decimo secolo, Avicenna ammise due cause produttrici delle montagne, i terremoti violenti e le corrosioni e denudazioni per opera delle correnti acquee; ed Omar

dovè esulare dal suo paese nativo perchè, avendo sostenuto che una volta i mari avevano ricoperto le terre e si erano in appresso ritirati, aveva emessa un'opinione troppo diversa da quella del Corano.

Segue poscia un lungo periodo, nel quale la storia della Geologia non presenta osservazioni o teorie di qualche importanza; sinchè al principio del secolo decimosesto cominciarono gl'Italiani a dare novello impulso a tal genere di studii. Leonardo da Vinci, celebre per la sua eccellenza in ogni parte delle scienze fisiche e nelle belle arti, fu il primo che in Italia abbia osato combattere la credenza volgare che le petrificazioni non siano avanzi d'animali antichi, ma giuochi della natura, oppure scherzi prodotti dall'influenza de' corpi celesti, o da una particolare forza plastica della natura, o da una materia grassa fermentata pel calore: la quale credenza era sostenuta da molti, d'altronde distinti naturalisti, come Mattioli, Agricola, Faloppio, Mercati, ecc., valendosi delle sottili argomentazioni che in quel tempo erano divenute di moda insieme colle dispute scolastiche. E vi fu persino chi immaginò che i germi degli animali e delle piante, sparsi sulla terra e nell'aria, siano stati dispersi dalle acque del diluvio su tutti i continenti, si siano sprofondati sino a due o tre mila piedi nel seno della terra, e colà si sieno sviluppati, abbiano vissuto e lasciate morendo le loro spoglie.

A Leonardo tenner dietro, quali difensori dell'origine animale delle petrificazioni: Fracastoro, che le studiò nel Monte Bolca e sostenne che non devono la loro posizione attuale alle acque del diluvio narrato dalla Bibbia; Cardano, che difese l'esistenza del mare sulle montagne; Majoli, che, sotto l'influenza della recente emersione del Monte Nuovo, credette che le conchiglie e i pesci pietrificati fossero stati vomitati insieme col fango da antichissimi vulcani; Fabio Colonna, che distinse i varii generi di fossilizzazione, ma ammise che i fossili avessero tutti principio dall'epoca del diluvio biblico. Ed è in questi stessi tempi che in Francia fe' gran rumore Palissy (1580), sostenendo

che le conchiglie fossili altro non sieno che gli avanzi di antichissimi animali marini (*).

Succedette poi una lunga serie d'anni, nella quale vi furono continue dispute tra i naturalisti, specialmente divisi in due schiere, gli uni ammettendo che i fossili fossero animali trasportati sui monti dalle acque del diluvio di Noè, e sostenendo gli altri che il loro scpellimento risalisse da un'epoca assai più antica; mentre alcuni pochi continuavano ancora a credere che i fossili non fossero d'origine animale. Ma fra i tanti che si occuparono di queste cose, nell'uno o nell'altro senso, si distinsero parecchi, sia per la novità delle loro teorie, sia per le loro pratiche osservazioni. Infatti nel secolo decimosettimo, l'olandese Stenone, durante la sua lunga dimora in Italia, ebbe campo di confrontare i fossili cogli animali viventi, di distinguere i sedimenti marini dai fluviali, di studiare la loro distribuzione in Toscana, e fu d'opinione che gli strati fossero in origine orizzontali, e che posteriormente venissero raddrizzati da vapori sotterranei, o si fossero invece inabissati per la rottura di estesissime cavità sotterranee. Nello stesso tempo, in Inghilterra, Burnet sosteneva che il diluvio fosse l'effetto d'un cangiamento di direzione nell'asse terrestre e nei climi, Woodward che il globo fosse in origine tutto disciolto nell'acqua e questa sia poi scomparsa precipitando

(*) Uno dei più ardenti difensori della falsa opinione che i fossili non fossero gli avanzi di antichi animali fu il dottor Beringer, professore a Wurtzbourg. Per provare la sua credulità, i suoi discepoli fecero fabbricare una quantità di false petrificazioni rappresentanti lune, stelle, soli, ragnatele ed altri oggetti, la cui presenza nel seno della terra sarebbe stata impossibile a spiegarsi colle leggi della fossilizzazione, e dopo averle nascoste sotterra ad insaputa del maestro, fecero in modo che egli stesso avesse a ritrovarle poco dopo. Il dottore le credette vere petrificazioni con tanta buona fede che pubblicò un libro in cui quelle *pietre figurate* sono rappresentate da incisioni molto accurate e si considerano come altrettante prove che i fossili sono giuochi della natura. Quando più tardi venne a sapere l'inganno, non risparmiò alcuna cosa per ritirare tutti gli esemplari del suo libro, ma non poté impedire che la sua opinione sull'origine dei fossili divenisse del tutto ridicola e fosse quindi poco per volta abbandonata.

negli abissi nel seno della terra, e Whiston che la terra fosse dapprima una cometa, ed oggidì conservasse ancora nel suo centro un nucleo fuso; ed in Germania Leibnitz ammetteva, nel suo libro intitolato *Protogæa*, che la terra fosse stata in origine incandescente, che si fosse raffreddata a poco a poco, che nelle caverne sotterranee fossero scomparse le acque che eransi radunate sulla superficie e vi avevano depositate molte rocce sedimentarie e fossilifere, e che tali sconvolgimenti si fossero ripetuti più volte di seguito sino all'attuale epoca d'equilibrio. Finalmente l'inglese Hooke trovava verso la stessa epoca che i fossili provengono da animali diversi dai viventi ed analoghi a quelli che ora vivono nei paesi più caldi; suppose un cangiamento di posizione nell'asse terrestre per ispiegare la mutazione di clima indicata dai fossili; e sotto l'influenza dei recenti terremoti avvenuti allora nelle Indie, nel Chili, ecc., cercò di spiegare, col mezzo di fenomeni della stessa natura e molto potenti, il trasporto dei fossili sui monti.

Se ora ritorniamo all'Italia nostra, vi troviamo molti naturalisti i quali, dice Lyell, dopo aver preceduti quelli degli altri paesi nelle loro ricerche sulla storia antica della terra, conservavano ancora sovr'essi, al principio del secolo decimottavo, una preminenza assai distinta.

Vallisnieri studiava i depositi marini d'Italia e la loro distribuzione geografica, l'ordine delle stratificazioni e le dislocazioni degli strati; dimostrava la teoria oggidì adottata dell'origine delle sorgenti; distingueva le rocce con fossili da quelle che non ne contengono e che si formarono quindi prima che la terra fosse abitata da animali; e combattendo quelli d'opposta opinione, sosteneva che non devonsi confondere col diluvio della Bibbia i cataclismi che smossero gli strati sedimentarii.

Lazzaro Moro, sotto l'influenza della recente comparsa di un'isola novella nell'arcipelago greco, e fondandosi sull'esistenza degli strati raddrizzati, rotti e spostati, sosteneva, più fortemente di quelli che lo avevano preceduto, la teoria del sollevamento degli strati per opera di feno-

meni sotterranei connessi intimamente coi vulcanici; ma cadeva nello stesso tempo nell'errore di ammettere che gli strati sedimentarii fossero formati da sostanze eruttate da bocche vulcaniche sottomarine. Le sue teorie furono poi esposte in tutta la loro estensione, illustrate e difese da Cirillo Gennarelli, come più tardi quella di Hutton lo fu da Playfair, e quella di Werner dai suoi allievi.

Le osservazioni che andavano facendo Marsigli nel Parmigiano, Spada nel Veronese, Schiavo in Sicilia, Baldassari in Toscana, servirono a far conoscere le azioni produttive e distruttive dell'acqua, e che i fossili non trovansi confusamente accumulati, ma disposti con molta regolarità nelle rocce sedimentarie; e quelle di Vitaliano Donati sul fondo del mare giovarono alla scoperta dell'analogia che v'ha fra la distribuzione dei fossili nei sedimenti antichi e quella degli animali viventi nei mari attuali.

Delle topografie geologiche, che tanto concorrono ai progressi della geologia, troviamo esempi nelle opere dei già citati Marsigli, Spada, Schiavo, ma più ancora in quelle di Targioni, che pubblicava in allora i suoi viaggi in Toscana, nei quali sosteneva che le valli son prodotte da corrosioni e che gli elefanti fossili della Toscana vivevano un tempo in quel paese e non v'erano stati trasportati nè da Annibale nè dai Romani.

In appresso l'Arduino, studiando le montagne del Veneto, distingueva pel primo le rocce in primitive, secondarie e terziarie, e scopriva in quelle regioni le tracce di antichissimi vulcani; Odoardi trovava una discordanza fra gli strati più antichi dell'Apennino e i più moderni; Fortis e Testa pubblicavano, in una serie di lettere, le loro lunghe dispute sui fossili del Veronese, e riconoscevano l'analogia tra quei fossili e gli animali viventi oggidì nella zona torrida; Passeri nel Pesarese, Zannoni nel Friuli e Soldani in varie altre parti d'Italia accumulavano molte nozioni geologiche importanti; e Ceronelli introduceva pel primo fra noi la costruzione di carte topografiche con indicazioni geologiche, mentre al di là delle Alpi varii geologi,

specialmente Pallas e Saussure, celebri per le osservazioni esatte e minuziose che il primo fece in Siberia ed in Russia ed il secondo nelle Alpi, radunavano numerose notizie topografiche e continuavano a battersi accanitamente per le differenti teorie da loro abbracciate, e Buffon col suo stile meraviglioso rendeva popolare in tutta Europa lo studio della natura.

Nel suo primo libro cosmogonico, cioè nella *Teoria della Terra*, Buffon mostrò chiaramente di che cosa deve occuparsi la Geologia positiva, distinguendo la parte centrale della terra dalla sua superficie, ed occupandosi soltanto della formazione di quest'ultima; e sostenne che colle sole cause attuali, cioè col mezzo delle azioni distruttive e riproduttive dell'acqua e dei fenomenj vulcanici e dei terremoti, si può spiegare lo stato attuale della superficie terrestre. A questa prima pubblicazione di Buffon tennero dietro quelle di Pallas, in cui questo dotto osservatore espone le sue opinioni sulla storia della terra. Egli trovò di dover distinguere dalle rocce sedimentarie il granito, che non è mai stratificato, e tra le varie rocce sedimentarie quelle che sono più antiche, o le secondarie, da quelle che sono più recenti, cioè le terziarie: passando poi dai fatti alla teoria, ammise come introvabile l'origine e la storia antica del granito e delle altre rocce primitive, fece derivare da queste tutte le rocce sedimentarie, ed il cangiamento di posto dell'oceano e le dislocazioni degli strati da fenomeni analoghi ai vulcanici ed ai terremoti. Durante la trentina d'anni che furono occupati dalle pubblicazioni di Pallas, non rimase quieto il genio di Buffon, ma continuò sempre nella sua prodigiosa attività; e dopo avere più volte rimproverato ad altri i voli della immaginazione introdotti nelle teorie cosmogoniche, diede alla luce le sue *Epoche della natura*, le quali altro non sono che un magnifico romanzo sulla storia del nostro pianeta. È in quest'opera che viene considerata la terra come un frammento del sole staccato dall'urto d'una cometa, e le valli si ritengono tutte prodotte dall'erosione dell'acqua, con tutto

il resto delle più strane opinioni che, essendo presentate con tutto il magistero dell'eloquenza, regnarono a lungo nelle menti, sinchè i progressi della scienza positiva vennero a dimostrarne tutta l'assurdità (*).

Werner, nominato nel 1775 professore di Mineralogia alla scuola delle miniere di Freyberg in Sassonia, non si limitò a trattare nelle sue lezioni tutti gli argomenti della Mineralogia, sì pura che applicata, ed a fondare la scuola che distingue i minerali specialmente pei caratteri esterni, ma volle entrare anche nel campo della Geologia, e di tanto se n'occupò e con tale eloquenza espose le proprie opinioni che, quantunque inesatte e mal fondate, durarono a lungo nelle menti dei geologi e furono d'inciampo al rapido progresso della scienza, sebbene le dessero un potente impulso col renderla popolare. Difatti Werner, essendo nato nel centro della Germania e non avendo mai viaggiato fuori del proprio paese, non potè conoscere tutta l'importanza dei fenomeni vulcanici e dei terremoti, e fondò quindi tutta la sua teoria sulle azioni dell'acqua. Egli lasciò pochissimi scritti, ma le sue dottrine, raccolte e pubblicate da' suoi discepoli, contengono molte idee giuste sulla sovrapposizione degli strati e sulla loro età relativa. Se non che egli andava errato nel ritenere i filoni di basalte della Sassonia, il granito e le altre rocce senza fossili come appartenenti al suolo primitivo e non come rocce emersorie, e nel considerare quindi tutte le rocce o come primitive o come depositate dalle acque.

(*) Stando a questa seconda teoria di Buffon, nelle prime due epoche il globo, come tutti gli altri pianeti, ebbe origine da una porzione della materia incandescente del sole, staccata dall'urto di una cometa; nella terza si raffreddò al punto da depositarsi dall'atmosfera l'acqua, che produsse alla superficie delle rocce piriche i primi sedimenti; nella quarta cominciarono ad agire i vulcani, che produssero molte alterazioni sulla superficie del globo, e vissero i primi animali e le prime piante; nella quinta gli animali divennero analoghi ai viventi e molti emigrarono dalle regioni fredde verso l'equatore in conseguenza della nuova distribuzione dei climi, ecc.; nella sesta si separarono i continenti (per esempio l'Europa dall'Africa per la formazione dello stretto di Gibilterra); e finalmente nella settima ed ultima epoca apparve l'uomo.

A vincere l'ostinazione dei seguaci di Werner non valsero le osservazioni di Desmarest, Dolomieu, Montlosier, che trovarono tutta l'analogia fra le rocce basaltiche e quelle veramente vulcaniche. Ed anche la scoperta dei filoni di granito contenuti nelle rocce sedimentarie da esso alterate, che nel 1785 dimostrò all'inglese Hutton l'origine ignea del granito, e sulla quale questo dotto fondò la sua teoria de'successivi cataclismi, analoga a quella di Hooke e Lazzaro Moro, non valse a convincere i werneriani dei loro errori.

Mentre siffatte controversie fra nettunisti e vulcanisti, cioè fra i seguaci di Werner e quelli di Hutton, agitavano il mondo scientifico, Voltaire, per mire antireligiose, metteva in derisione lo studio dei fossili, negava in alcuni scritti la loro natura organica, ed in altri sosteneva essere stati recati dai pellegrini reduci da Terra Santa, od essere gli avanzi dei banchetti degli antichi romani, e mostrava in tal modo ora la sua ignoranza in fatto di scienza ed ora la sua poca sincerità; e l'inglese Guglielmo Smith, sulla fine del secolo decimottavo, esplorava minutamente il suolo della sua patria ed arrivava a distinguervi varie epoche di sedimenti caratterizzati da fossili speciali, costruiva una carta geologica generale dell'Inghilterra; e come Werner aveva introdotti nuovi nomi per chiamare le rocce da lui per la prima volta distinte (*grawacke*, *gneiss*, ecc.), altri ne propose Smith, relativi ai sedimenti d'epoca determinata (*gault*, *cornbrash*, *oxford-clay*, ecc.), che divennero d'uso comune, e in gran parte rimangono ancora nel linguaggio dei geologi moderni.

In tal modo, al principio del secolo decimonono, la Geologia acquistava per opera di Werner maggior esattezza nella denominazione delle rocce, e per quella di Arduino, Fortis, Pallas, Saussure, Werner e Smith cominciava a distinguere varie epoche nei sedimenti terrestri; e le nuove teorie e le ricerche di Deluc, Delamétherie, Lamarck, Cuvier, Brongniart, Ampère, Prévost, Boué, E. de Beaumont, Buckland, Chalmier, ecc., la ridussero poco per volta al suo stato attuale.

Secondo Deluc, la cronologia di Mosè non comincia che colla creazione dell'uomo, ed i *giorni* della Genesi sono da intendersi come epoche indeterminate, quali le aveva già interpretati Buffon. Nelle prime tre epoche, secondo la sua teoria, la terra era una massa informe e confusa, resa liquida dall'acqua; da questa si produssero le rocce sedimentarie, e poi le acque scomparvero in parte, precipitando entro cavità sotterranee; nelle tre epoche successive si fecero altri sedimenti, cominciarono i fenomeni vulcanici, altre caverne si ruppero, e si formarono nuovi continenti e nuove dislocazioni di rocce, sinchè la superficie della terra si ridusse al suo stato attuale. Il diluvio sarebbe stato prodotto dallo sprofondarsi dei continenti abitati sotto le acque dell'oceano.

Più filosoficamente di Deluc, Lamétherie cercò nelle sole cause attuali la storia della terra, notò i limiti ristretti e locali dei sedimenti, la produzione di depositi alternanti d'acque dolci e marine alle bocche dei fiumi, il sincronismo delle azioni vulcaniche e di quelle dell'acqua, ed ammise una sola creazione di tutti gli esseri viventi, non già varie creazioni successive, come Deluc e molti geologi che gli tennero dietro; mentre Lamarck confrontava le conchiglie fossili colle viventi e trovava modo di distinguere esattamente i depositi marini da quelli d'acqua dolce.

Appoggiandosi ai proprii studii dei fossili e dell'anatomia comparata, dai quali ebbe origine specialmente la sua fama, Giorgio Cuvier rimarcò l'alternar di depositi marini e di altri d'acqua dolce nei dintorni di Parigi, e fondò su di esse la sua teoria de' successivi cangiamenti di posto che avvennero nei mari, portandosi ora ad inondare i continenti, ed ora lasciandoli a secco ed invadendone altri; ed a completare quella teoria di successivi cataclismi, dedusse dalla distribuzione dei fossili nei terreni di Parigi l'ipotesi della distruzione delle faune di ogni terreno e delle successive creazioni di faune novelle. Nè in tutti i suoi scritti conservò sempre le stesse opinioni; chè anzi in tutti si mostrò eclettico, senza alcun principio

invariabile, sì che sembra credere ora alle successive creazioni ed ora alla trasformazione delle specie per effetto delle circostanze esterne: in un luogo rifiuta le lunghe epoche della Genesi ed in un altro le accetta, ed in generale sembra ammettere che l'ultimo dei cataclismi suaccennati abbia prodotto il diluvio universale.

Adolfo Brongniart accettò da Cuvier le faune successive, e dai proprii studii sulle piante fossili credè poter dedurre che il regno vegetale, come l'animale, sia andato sempre più perfezionandosi dal principio del mondo sino ad ora, durante tutte le epoche distinte dai cataclismi indicati da Cuvier.

Lo stato primitivo aeriforme della terra venne sostenuto specialmente da Ampère, successivamente alla scoperta delle stelle nebulse, accettando dalle teorie precedenti le epoche indeterminate invece dei giorni della Genesi, le creazioni successive degli esseri organizzati, la distribuzione regolare dei fossili sempre più perfetti quanto più recenti sono gli strati che li contengono, la formazione delle montagne per le rotture della crosta solida, ecc.

La teoria di Buffon, secondo la quale le sole cause che sono in azione anche nell'epoca attuale basterebbero a spiegare la storia del globo, era ormai dimenticata, o almeno nessuno si azzardava a sostenerla davanti al trionfo di quella di Cuvier e de'suoi seguaci, quando sorse a suo difensore Constanzo Prévost, sostenendo che Cuvier aveva errato allorchè volle trovare nei fatti che si osservano nel bacino di Parigi le tracce di molti generali cataclismi e di molte successive creazioni, e che tutto invece vi concorre a provare la teoria delle cause attuali. « I fossili terrestri, dic'egli, come i fossili d'acqua dolce e marini, sono le vestigia dei soli corpi organizzati che, per le circostanze locali, hanno potuto essere ricoperti nel seno delle acque dai sedimenti: i fossili terrestri non possono dare un'idea approssimativa che dell'insieme degli animali o delle piante che vivono lungo le acque correnti continentali e sulle rive del mare, e non possono farci conoscere come fossero popolati

l'interno dei continenti, le regioni elevate e le alte montagne; ed i depositi successivi si sono formati in un modo continuo o periodico, a brevi intervalli e talvolta intermittente. In uno stesso tempo si potrebbero, secondo lui, formare in un solo bacino di mare tanti depositi di diversa natura, a seconda delle acque che vi arrivano dai continenti, della vicinanza dei vulcani, delle sorgenti minerali, ecc., e si possono radunare nei diversi luoghi avanzi di animali differenti a seconda delle diverse regioni, fredde o calde, montuose o piane, umide o secche, o in altro modo differenti, dalle quali arrivano le acque che li trasportano. La teoria delle successive distruzioni e creazioni, del continuo perfezionamento che presentano i fossili dai terreni antichi sino ai più moderni, ed altre simili ipotesi sono altrettante false interpretazioni di fatti veri, cioè del vario modo con cui sono distribuiti i fossili nei terreni a seconda delle circostanze in cui questi si formavano. Vi fu, conchiude infine quel distinto geologo, una sola creazione di tutti gli esseri viventi, e la superficie del globo acquistò poco per volta il suo stato attuale soltanto per l'azione delle cause che agiscono sovr'essa anche al presente, e non è vera la supposizione di tanti successivi cataclismi e di tutte le loro conseguenze, quali le ammettono i seguaci di Cuvier e di E. de Beaumont.

Nel mentre che Prévost introduceva nella scienza il sincronismo delle formazioni acquее, Boué, de Beaumont, Dufrenoy, Hall e tanti altri stabilivano quello delle formazioni ignee colle acquее, dimostrando la continuità dell'azione ignea sia nei vulcani, nei terremoti e nelle dislocazioni del suolo, sia nel metamorfismo delle rocce, dall'epoca attuale sino a quella dei più antichi terreni.

E. de Beaumont finalmente, partendo dalla teoria dei successivi cataclismi, trovò tutte quelle relazioni tra le direzioni delle catene montuose degli strati e le età relative delle montagne che, esposte con grande apparato di fatti e di calcoli, indussero la maggior parte dei geologi ad ammettere la teoria del mondo, quale l'abbiamo esposta nel nostro Sunto.

In un cenno sulla storia della Geologia teorica e pratica non devono passare sotto silenzio le pubblicazioni degli inglesi Buckland e Chalmers e di varii altri geologi, i quali, dietro l'esempio di Whiston, sostengono che il racconto di Mosè si riferisce soltanto al mondo attuale, il quale è costruito colle rovine d'un antico mondo distrutto. Prima del mondo attuale, dicono essi, ve n'era un altro, in cui si sono compiuti molti cataclismi de' quali il racconto mosaico non fa cenno perchè precedettero la creazione dell'uomo; e sono questi i cataclismi di cui i geologi trovano le tracce sul globo terrestre; il sole e le stelle non apparvero all'uomo che dopo la costruzione del mondo attuale; fra gli animali d'oggi e i fossili v'ha una grande differenza, proporzionale a quella fra il mondo primitivo e l'attuale (*). Di queste ed altre asserzioni teoriche, o false o stranissime, la Geologia non trasse quasi alcun profitto, e non rimasero come avversarie sul campo della scienza che due teorie: quella dei cataclismi generali, delle creazioni successive, dei sollevamenti di montagne e della primitiva fluidità ignea del globo, fondata specialmente sugli studii teorici e pratici di Cuvier, E. de Beaumont e dei principali paleontologi; e quella delle cause attuali, del sincronismo di tutte le formazioni acquedee ed ignee e della creazione di tutti gli esseri viventi in una volta.

In tal modo, attraverso la serie delle ipotesi fondate sulla osservazione più o meno esatta dei fatti, e in vario modo modificate dalle viste religiose o filosofiche dei loro autori, pervenne la Geologia teorica al suo stato attuale. Da Leibnitz e Whiston specialmente ebbe origine l'ipotesi della fluidità ignea della terra; da Buffon la teoria delle cause attuali, le epoche lunghissime invece dei giorni della Ge-

(*) Questa opinione era fondata sulla scoperta dei plesosauri, ittiosauri, pterodattili, megaterii ed altri animali di cui non trovansi esempi tra i viventi; ma ricerche posteriori dimostrarono che quelle differenze non sono sì grandi come si credevano, e che quegli animali servono quasi di anelli intermedi fra varii gruppi molto disparati di animali viventi.

nesi e le creazioni successive; da Deluc e Werner la fluidità acquee del globo, e da quest'ultimo in ispecie la classificazione dei terreni; da Cuvier e Brongniart le successive irruzioni marine, i cataclismi generali e l'ipotesi dei fossili tanto più perfetti quanto più sono recenti; da Prévost, Boué, ecc., il sincronismo delle formazioni, e da E. de Beaumont la teoria relativa ai sollevamenti, alle età ed alle direzioni delle catene di montagne.

Nella teoria di Lamarck, che ammette possibile la trasformazione delle specie animali l'una nell'altra, dalla più semplice sino all'uomo per effetto delle circostanze esterne, troviamo quasi un vero panteismo. Secondo lui, Dio fu soltanto il creatore della materia e della natura che è il complesso delle forze, e queste fecero il resto, e poco per volta produssero da sè sole tutto il mondo attuale; e in tal modo ebbero principio non solo le sostanze minerali, ma ben anche tutti i corpi viventi, cominciando dai più semplici, dai quali a poco a poco e per via di trasformazioni ebbero origine tutte le specie oggidì conosciute. Le opinioni di Buffon e di Cuvier sono un po' meno esagerate, giacchè ammettono che a Dio devesi la produzione dei primi corpi viventi, seppelliti nei terreni più antichi, e che da questi abbiano avuto origine tutti gli altri che si trovano nei terreni più recenti e nell'epoca attuale. Ma dalla trasformazione delle specie alla loro negazione ed alla generazione spontanea non vi è che un passo, e le espressioni di Cuvier sono spesso sì vaghe che non si saprebbe ben decidere se egli lo abbia fatto. Finalmente meritano molto meno la taccia di panteismo, o ne sono affatto scevre, le teorie di Ampère, Deluc, de Beaumont e in generale di tutti i geologi moderni, giacchè trovano in Dio non solo il creatore ma anche l'ordinatore di tutto, ammettendo che egli abbia creato il mondo, e di più, servendosi degli agenti naturali, lo abbia gradatamente ridotto al suo stato attuale.

Mentre in tal modo la Geologia teorica andava per l'opera di pochi avvicinandosi al suo stato attuale, la pratica non cessò di far rapidi progressi, tanto più sicuri quanto

più divennero esatte e numerose le osservazioni che si accumularono in poco tempo e in grandissima quantità per tutte le parti del mondo, e specialmente in Italia, dove non fu mai penuria di uomini distinti nello studio della natura. Lo Spallanzani, celebre per le sue ricerche in ogni ramo della Storia Naturale, contribuì ai progressi della Geologia colle sue osservazioni fatte nel regno delle Due Sicilie e specialmente sui vulcani. Il Cortesi, quantunque amministrasse giustizia e pubblico diritto in Castellarquato, seppe trovar tempo di scoprire nei sedimenti del Parmigiano gli ossami de' cetacei e pachidermi, che ora si conservano al Museo Civico di Milano. Il Breislack, dopo aver visitati i contorni di Napoli, si fe' vulcanista, scrisse due opere generali di Geologia (*Introduzione alla Geologia e Institutions géologiques*) e pubblicò una particolareggiata *Descrizione della provincia di Milano* ed un'altra dei paesi fra il lago di Como e quello di Varese. Il padre Pino, d'opinione nettunista, instancabile esploratore delle Alpi nostre, pubblicò molte nozioni importanti sulla loro costituzione geologica, e sul modo di rendere comune l'uso della torba come combustibile. Il Brocchi, nettunista anch'esso, diede una *Descrizione delle miniere di ferro del dipartimento del Mella*, un *Catalogo ragionato delle rocce d'Italia*, assai apprezzato per esattezza nelle citazioni delle località, e nella *Conchiologia fossile subapennina* descrisse i fossili del terreno pliocenico italiano ed i terreni degli Apennini. L'Amoretti, ne' suoi viaggi nelle Alpi lombarde, ne descrisse con qualche dettaglio le rocce e cercò anch'egli di rivolgere l'attenzione del pubblico alle torbiere, atte a supplire alla mancanza di carbon fossile. Nè passeremo sotto silenzio il Vandelli, le cui minuziose descrizioni dei viaggi fatti nell'alta / Lombardia, ricchissime di notizie interessanti, giacciono ancora manoscritte e inedite nell'Università di Pavia (*); il Da Rio ed il Corniani, che studiarono specialmente il Veneto; il conte Marzari-Pencati, che studiò i monti del

(*) Ne possiede una copia l'Istituto Lombardo di scienze, lettere ed arti di Milano.

Veneto e del Tirolo, si distinse per esattezza e finezza di osservazione, e fu il primo che fra noi abbia constatato che il granito trovasi spesso sopra le rocce sedimentarie, e quindi è ad esse posteriore; e finalmente il dottor Claro Malacarne, che fu compagno dell' illustre De Buch nelle sue escursioni nelle Alpi lombarde e non volle mai abbandonare totalmente la teoria nettunistica per abbracciar quella più generalmente ammessa dai geologi moderni.

Quantunque la Geologia, quale la si considera oggidì, sia nata soltanto al principio del nostro secolo, pure essa conta già un numero sì grande di cultori in tutte le parti della terra che, per non dilungarci di troppo, dobbiamo limitarci a citare quelli tra i più eminenti del nostro paese, di cui conosciamo qualche lavoro importante, e sono: Maraschini, Cattullo, Pasini, Massalongo,..... nel Veneto; Curioni, Balsamo, Cornalia, Villa,..... in Lombardia; Sismonda, Pareto, Collegno, La Marmora,..... in Piemonte; Targioni, Savi, Pilla, Meneghini,..... in Toscana; Bianconi, Toschi, Spada, Orsini,..... nella Romagna; Costa, Pilla, Scacchi, Ponzi, Ferrero, Maravigna, Gemellaro,..... nel regno delle Due Sicilie. Per opera di questi dotti la Geologia italiana cominciò e continua ancora a fare rapidi progressi, favorita specialmente dalle reciproche relazioni procurate dai congressi scientifici; e forse ancor più celeremente progredirebbe qualora si avverasse il progetto, già tante volte ideato e sperato, di una società geologica italiana.

In questo Sunto abbiamo tentato di esporre in breve quel complesso di fatti e di teorie che costituiscono la Geologia nel suo stato attuale, e le varie fasi principali della sua storia, allo scopo di offrire ai giovani studiosi italiani un istradamento allo studio di questa scienza, analogo a quello che venne dato alla gioventù francese da Beudant nel *Corso elementare di Storia naturale*, di cui, or son pochi anni, venne pubblicata anche tra noi una traduzione assai pregiata. Chi è desideroso di maggiori dettagli e vuol progredire nello studio di questa scienza ricorra alle opere di d'Aubuisson (*Traité de géognosie*), di Lyell

(*Principes de géologie* ed *Éléments de géologie*), di De la Bèche (*Manuel géologique, L'art d'observer en géologie, Coupes et vues pour servir à l'explication des phénomènes géologiques; Recherches sur la partie théorique de la géologie*), di Collegno (*Elementi di geologia pratica e teorica* ed *Esquisse d'une carte géologique de l'Italie*), di Pilla (*Trattato di geologia, Saggio comparativo sui terreni d'Italia, Studii di geologia*), di Leonhard (*Géologie oder Naturgeschichte der Erde* e varie altre opere recenti), di Beudant (*Cours élémentaire de géologie*), di d'Orbigny (*Cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphiques*), di Boué (*Manuel du géologue voyageur*), di E. de Beaumont (*Leçons de géologie pratique*), di Charpentier ed Agassiz (*Essai sur les glaciers, Le système glaciaire*), ecc., ecc., per la Geologia; a quelle di Bronn, Goldfuss, Klipstein, Brocchi, Buckland, Agassiz, Pictet, D'Orbigny, ecc., per la Paleontologia; ed infine ai giornali scientifici d'Italia e fuori, e specialmente a quello della società geologica di Francia, agli atti dei congressi scientifici italiani ed alle altre raccolte scientifiche in cui si trovano sparsi varii articoli speciali che trattano argomenti di Geologia o di Paleontologia.

POCHE NOZIONI

DI

GEOLOGIA APPLICATA

A voler trattare di tutte le applicazioni che si possono fare della Geologia non solo all'Agricoltura, alla scienza delle costruzioni ed allo scavo delle miniere, ma ben anche alla Storia, alla Statistica, all'Economia pubblica, all'Archeologia, alla Pittura, ecc., non basterebbe un volume; ci limiteremo pertanto a dare un'idea succinta delle più importanti tra quelle che maggiormente interessano gli agricoltori, gli architetti e gl'ingegneri di lavori pubblici e delle miniere.

APPLICAZIONI RELATIVE ALL'AGRICOLTURA

Le principali applicazioni della Geologia all'Agricoltura sono quelle che si riferiscono all'origine del terreno vegetale, agli emendamenti d'esso terreno, alla sua umidità ed al modo di prosciugarlo.

182. Origine del terreno coltivabile. — La Geologia, come abbiain già veduto in addietro, insegna che dall'alterazione delle rocce che costituiscono i monti e le colline provengono i materiali che formano il terreno vegetale. Insegna in oltre che tutte le rocce cristalline constano per la massima parte di quarzo (silice pura), felspato, piroso-

seno, amfibola, mica, serpentina ed altri pochi silicati ricchi di allumina, potassa, soda e magnesia, coloriti da varie quantità d'ossido di ferro e d'ossido di manganese, e che le rocce sedimentarie più abbondanti sono argille (silicati alluminosi), arenario (sabbie quarzose o calcaree agglutinati da cementi silicei o calcarei), marne (argilla e calce carbonata) e calcaree, anch'esse colorite dagli ossidi di ferro e di manganese: e siccome da questa enumerazione delle rocce risulta che i principali componenti di tutte le rocce sono la silice, l'allumina, la calce, la magnesia, la potassa, la soda e l'ossido di ferro, si comprende facilmente in qual modo il terreno vegetale risulti composto principalmente di sabbia silicea, di argilla (silicato di allumina idrato), di calce carbonata, ora polverulenta ed ora sabbiosa, mista a poco carbonato magnesico, e di sali alcalini, e sia colorato specialmente dall'ossido di ferro. A questi componenti che hanno origine dall'alterazione delle rocce se ne aggiunge un altro, nero, terroso, detto *humus* o *terriccio*, prodotto dall'alterazione delle sostanze vegetali all'aria ed analogo alla torba, che si produce invece per l'alterazione delle sostanze organiche sott'acqua.

183. Emendamenti dei terreni. — Se all'Agricoltura pratica spetta conoscere le buone qualità che deve avere un terreno coltivabile, e specialmente in quali proporzioni devono stare fra loro i principali suoi componenti (silice, calce carbonata e argilla) e spetta alla Chimica il riconoscere con certezza se un dato terreno manchi d'uno o d'altro di quei componenti, tocca alla Geologia di sussidiare quelle due scienze nella ricerca delle sostanze che mancano a quel terreno e che devono essergli recate da altre parti. Così, per esempio, se un terreno è troppo tenace e compatto, forma grandi crepacci nelle siccità, durante le piogge trattiene l'acqua alla superficie, forma una pasta duttile coll'acqua, e si attacca ai piedi ed agli istrumenti aratorii, se insomma è troppo ricco d'argilla e bisogna emendarlo coll'aggiunta di sabbia, il geologo, conoscendo la costituzione stratigrafica del paese, può sapere se sotto allo strato

troppo argilloso v'abbia a poca profondità qualche strato sabbioso, del quale si possa trar profitto senza uscire dal campo stesso. Dicasi altrettanto per gli strati argillosi che si potrebbero ritrovare a poca profondità e servire utilmente ad emendare un suolo troppo sabbioso, che riesca perciò troppo permeabile all'acqua, senza tenacità e troppo mobile, oppure un suolo ricchissimo di calce carbonata e quindi soverchiamente arido nelle siccità e che formi dopo le piogge una crosta friabile e impermeabile all'acqua e all'aria, e riverberi la luce e il calore sulle piante che vi crescono. E lo stesso si dica delle marne calcaree, che si devono aggiungere ai terreni troppo argillosi e sabbiosi, freddi ed umidi, e poveri di carbonato calcareo, e delle marne argillose che servono ad emendare i terreni troppo sabbiosi o troppo calcarei.

184. Prosciugamento dei terreni. — Allorchè un suolo è troppo umido, perchè sovrapposto ad uno strato argilloso impermeabile all'acqua (il che si scopre col mezzo delle cognizioni stratigrafiche del paese in generale), o per qualunque altra causa, avviene spesso che non si possa dare scolo all'acqua al di fuori del fondo in qualche corso d'acqua che sia ad un livello inferiore; in tal caso è necessario farla assorbire dagli strati sotterranei, ed in allora diventano utilissime le cognizioni elementari di Geologia. Infatti le osservazioni geologiche eseguite nei dintorni possono sovente indicare press' a poco a quale profondità passi sotto il fondo lo strato impermeabile che lo mantiene umido, e quale sia la sua grossezza; e in generale possono indicare all'incirca a quale profondità dovrebbero far giungere il pozzo assorbente affinchè l'acqua, discendendo in esso, incontri uno strato abbastanza poroso da essere tutta assorbita. Il geologo potrebbe talora trar profitto altresì delle divisioni fra gli strati o delle loro fessure, giacchè per esse si può spesso sperdere l'acqua del pozzo assorbente, qualora gli strati ricoperti dal terreno vegetale siano composti di rocce impermeabili all'acqua, ma verticali o di molto raddrizzati.

APPLICAZIONI RELATIVE ALLA SCIENZA DELL'INGEGNERE

185. Strade, canali e materiali da costruzione. — Tra le principali applicazioni della Geologia alla scienza dell'ingegnere son quelle che si riferiscono alla costruzione delle strade e dei canali ed ai materiali di costruzione. Per la prefissa brevità ci accontenteremo d'accennare soltanto che gl'ingegneri architetti possono dalla cognizione stratigrafica d'un paese trarre utili sussidii nel tracciare le strade sopra terreni sodi, stabili e non soggetti a filtrazioni d'acqua od a frane di strati non ben sostenuti, nello scavo delle gallerie in rocce di poca durezza ma sufficiente per la loro stabilità, nel condurre i canali navigabili o irrigatori attraverso terreni non troppo permeabili all'acqua, o vicino a luoghi in cui abbondino le terre atte a rendere impermeabile il loro fondo qualora si debbano scavare entro rocce porose, e finalmente per conoscere e distinguere i migliori materiali da costruzione, i luoghi in cui si possono trovare più abbondanti o più facili a trasportarsi, ecc. Così, per esempio, col solo sussidio di una carta geologica molto dettagliata e di spaccati costruiti con molta cura, possono spesso gl'ingegneri delle strade ferrate calcolare approssimativamente, e senza recarsi sul sito, le spese per la costruzione d'un tunnel che attraversi una collina non solo, ma ben anche un'intera catena di montagne: se un ingegnere deve costruire una strada in un paese montuoso, può, quando ne conosca bene la struttura, tracciare la strada per modo che non vengano a sdrucchiolare sovr'essa gli strati inclinati d'una montagna, od abbiano a guastarla le acque sorgenti tra le fessure delle strade, ecc.; e collo studio stratigrafico d'un paese si può evitare il pericolo di costruire una strada ferrata od un viadotto in pianure troppo umide e che possano cedere ed abbassarsi sotto al peso degli argini, del viadotto, ecc. Finalmente la Geologia può insegnare il modo più sicuro e naturale

di asciugare le paludi e le maremme, approfittando dei sedimenti dei torrenti e dei fiumi, e senza l'ingente spesa di trombe e di altre macchine e costruzioni idrauliche, con cui ben di rado si può ottenere l'asciugamento totale e stabile che si desidera.

Ma le più importanti applicazioni della Geologia alla scienza dell'ingegnere sono quelle relative alla costruzione dei pozzi* sì ordinarii come artesiani, ed allo scavo delle miniere; e di esse vogliamo ora occuparci un po' più estesamente.

186. Pozzi ordinari. — Le sorgenti e le acque sotterranee traggono la loro origine dalle filtrazioni delle acque attraverso gli strati porosi, finchè sono ritenute da uno strato impermeabile come in un serbatoio. Infatti noi troviamo sempre le acque sotterranee e le sorgenti là dove uno strato d'argilla o d'altra roccia impermeabile sta sotto ad una serie di strati porosi, che in qualche luogo giungono alla superficie del suolo e vi possono assorbire l'acqua piovana, o quella che deriva dalla fusione delle nevi. Quando questi strati sono orizzontali o pochissimo inclinati, le acque sotterranee che scorrono fra lo strato impermeabile e gli strati porosi formano quasi uno strato più o meno continuo, ad una distanza poco variabile dalla superficie del suolo; il che si osserva specialmente nella bassa Lombardia. Nei luoghi ove questo strato d'acqua viene ad incontrare tali condizioni del suolo da riescire alla sua superficie, produce una serie di sorgenti naturali; quando invece continua a scorrere sotterra, nè si può raggiungerlo se non col mezzo di fori verticali che attraversino gli strati sovrapposti, si fanno i pozzi ordinari, dai quali poi devesi estrarre l'acqua col mezzo di secchi, trombe od altri mezzi artificiali.

Conoscendo siffatta origine delle acque e la struttura stratigrafica d'un dato paese, l'ingegnere può sapere, già prima di ogni esperienza, non solo quale probabilità vi sia di trovare sorgenti naturali o d'incontrare acque sotterranee col mezzo di pozzi, ma ben anche a quali profondità

dovranno a un dipresso spingersi questi pozzi, quali siano i luoghi più convenienti per collocarli e quali precauzioni debbansi avere nella loro costruzione. E per citarne una sola, la principale di queste precauzioni, diremo che di frequente sotto allo strato impermeabile, che sostiene l'acqua sotterranea, ve ne hanno altri porosi, che la lascerebbero filtrare qualora le si aprisse un adito attraverso lo strato impermeabile, e che spesso v'hanno parecchie alternazioni di strati porosi e impermeabili. Da ciò è facile comprendere che in molti casi devesi aver cura di non forare il primo strato impermeabile, affinchè l'acqua non isfugga al di sotto di esso negli strati porosi; mentre in altri casi invece, quando sotto al primo strato d'acqua trovasi un secondo strato impermeabile che sostenga acque più abbondanti o migliori, può esser conveniente forare il primo e perdere le acque superiori, per raggiungere quelle del secondo strato (*). E siccome dell'esistenza di queste alter-

(*) In Lombardia, le acque sotterranee che portano il nome generico di *aveso* trovansi alla profondità di 2 a 4 metri nelle giaciture regolari della pianura media, ed in generale la loro profondità diminuisce verso mezzodì ed aumenta verso tramontana. In una zona larga da tre a quattro chilometri, che si stende da Novara a Milano, Melzo, Caravaggio, Ca- cio, e di là s'inclina a mezzodì, sempre fra l'alta e la bassa pianura, le acque sotterranee danno origine a sorgenti assai numerose, le quali, raccolte nel così detti *fontanili*, servono mirabilmente all'irrigazione della bassa Lombardia. Al sud di quella zona vi sono molte altre sorgenti che scaturiscono negli alvei dei fiumi e forniscono loro un copioso alimento; sicchè, quantunque poveri d'acqua per l'estrazione di tanti canali navigabili e d'irrigazione nell'alta e nella media pianura, divengono ancora navigabili per lungo tratto prima di sboccare nel Po. Le sorgenti fra l'Adda e l'Olio sono così abbondanti, che presso Fornovo il terreno, quantunque col declivio di tre per mille, è in gran parte palustre, e qualunque fossa che appena si continui per un centinaio di metri diventa un copioso canale. L'origine delle acque sotterranee lombarde è provata a sufficienza dal fatto che la loro quantità, in primavera ed estate, è proporzionale a quella della neve o della pioggia caduta nelle stagioni precedenti, e vedonsi spesso nell'alta pianura i torrenti assorbiti interamente dal terreno ghiaioso e permeabile.

Abbiamo detto che in generale la profondità delle acque sorgenti diminuisce nella bassa pianura ed aumenta verso tramontana; ora dobbiamo aggiungere che questa variazione è soggetta ad eccezioni talvolta assai

nanze di strati non devesi far ricerca col mezzo dei pozzi o di trafori, giacchè si correrebbe rischio di perdere tutte le acque, così vedesi la necessità di ricorrere allo studio stratigrafico del suolo in cui si vogliono scavare i pozzi.

187. Pozzi artesiani. — I *pozzi artesiani*, così chiamati dall'essere comuni nella provincia dell'Artois in Francia (*), hanno origine analoga a quella dei pozzi comuni; la sola differenza consiste in ciò, che in questi ultimi gli strati sono orizzontali o quasi orizzontali, e l'acqua si attinge con mezzi artificiali, mentre nei pozzi artesiani gli strati sono disposti a bacino e l'acqua sale da sè sola nei pozzi, e spesso con tal forza da produrre un getto al di sopra del suolo.

Il bacino di Parigi è molto proprio a dimostrare l'origine dei pozzi artesiani. I depositi cretaċei e terziarii di questo

considerevoli. La profondità varia fra 3 e 4 metri in Milano e nei suoi dintorni, ma aumenta d'un tratto appena si giunga a Cassano d'Adda (da metri 18,30 a 19,55), Inzago (da 12 a 16,20), Gropello (22,80 e 25,20), Vaprio (30,40 sulla costa dell'Adda), Dugnano (15), Cislano (22,80), ecc., mentre è di 7,30 a Gorgonzola, di 2,20 a Bellinzago, poco distante da Inzago, di 7,20 a Moncucco; e rimane stazionaria od aumenta di poco a Trezzo (31,50 sulla costa dell'Adda), a Vimercate (15 e 17,50), a Bernareggio (36,50 e 40,80), a Lesmo (68,22), a Desio (25,20 e 29,24), a Seregno (42,90), a Perno (42), a Cardano (36). Al di là di questi paesi trovansi profondità molto varie, forse per la irregolarità dei sedimenti fra cui passano le acque sotterranee: a Rancate è di metri 58,80, mentre alla vicina Canonica sul Lambrò è di 15 metri sulla costa del fiume; a Paila è di 41,93, e quindi minore che a Seregno, qualunque questo paese sia più meridionale; mentre a Giussano, un po' più a settentrione, vi hanno a poca profondità le sorgenti che formano il fontanile della casa Borromeo. A Barlassina i pozzi sono profondi circa 48 metri, a Meda 36, a Lazzate 72, a Lentate 54, a Copreno 81, quantunque questi paesi sieno vicinissimi gli uni agli altri: due a Gallarate sono profondi da 34 a 38 metri circa, mentre a Besnate lo sono soltanto metri 4,80; a Somma uno è di 102 metri, un altro di 4,20; ad Arzago di 3,60 ed a Sesto Calende di 6 metri.

(*) Questi pozzi, che già nei tempi antichissimi erano usati dagli Egizi per irrigare le oasi dei loro deserti, come ne fan fede gli avanzi che recentemente furono rimessi in istato di condurre l'acqua sino al livello del suolo, e dai Chinesi nelle vicinanze di U-Thung-Khioo, sono nati da secoli anche in Europa, nei territorii di Modena e Bologna, e nell'Austria inferiore.

bacino sono contenuti in una depressione del terreno giurese, assai atto a rattenere le acque per la sua impenetrabilità. La parte inferiore del terreno cretaceo è formata di sabbie e ricoperta da strati impermeabili, argillosi, calcarei e marnosi, della potenza complessiva di 400 o 500 metri. Le sabbie sporgono alla superficie del suolo nei dintorni di Troyes, a 130 metri sopra il livello del mare. Arago ed E. de Beaumont avevano trovato che l'acqua, filtrando in quelle sabbie, doveva scorrere fin sotto Parigi, e là fornire acqua sufficiente a compensare le spese di costruzione d'un pozzo; è difatti, giunto il pozzo alla profondità di 546 metri, s'incontrarono le sabbie, e l'acqua non solo s'innalzò nel pozzo sino al livello del suolo, alto 31 metri su quello del mare, ma formò un getto alto 20 metri al di sopra di esso.

Molti altri esempi di pozzi artesiani v'hanno in Francia (specialmente al nord di Parigi) e in Inghilterra; tra noi trovasene fin dai tempi antichi nei dintorni di Modena, fra il terreno terziario e quello di trasporto. « Il suolo della città di Modena, dice Burat, è uno degli esempi più antichi e più interessanti di questa idrografia sotterranea. Il terreno terziario di quella città, compreso tra i fiumi Panaro e Secchia, racchiude uno strato d'acqua ascendente che s'innalza in tutti i pozzi allo stesso livello orizzontale. Nei luoghi più bassi della città, per esempio nella sua parte settentrionale e lungo la via Emilia, quelle acque formano un gran numero di fontane zampillanti; nei luoghi più elevati restano un po' al di sotto della superficie. Si dà loro uno scolo col mezzo di condotti sotterranei che mettono tutti ad un canale, da esse alimentato e che procura ai battelli una facile comunicazione fra Modena e il Panaro e quindi anche col Po e col mare Adriatico. Il numero di questi pozzi è molto considerevole; quasi tutte le case ne sono fornite, ed all'epoca in cui scriveva Ramazzini (1681) questa molteplicità produceva già un abbassamento nel livello delle antiche sorgenti, sì che quelle collocate nei luoghi più alti avevano cessato ben anche di

somministrar l'acqua alla superficie del suolo. Lo strato acquifero fu riconosciuto per un'estensione di sei a sette chilometri di larghezza e quattro di lunghezza da nord a sud. Si trova alla profondità di 20 a 25 metri, e per raggiungerlo non si hanno da attraversare che terreni molto recenti e composti in gran parte di marne argillose e di materie vegetali decomposte. »

L'importanza di questo genere di pozzi c'induce a darne qui alcuni dettagli.

Rappresenti la figura 61 lo spaccato di un terreno formato di rocce stratificate, e sia A A uno strato di rocce

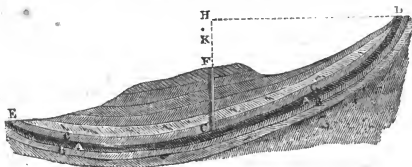


Fig. 61.

porose e nelle quali facilmente possa muoversi l'acqua, per esempio di sabbie e ghiaie, o di qualche roccia attraversata da un gran numero di fessure; e sia esso compreso fra due altri strati B B, C C, di argilla o di altra roccia poco porosa ed affatto impenetrabile. Se gli affioramenti dello strato A A (che sono i punti in cui esso incontra la superficie del suolo) vengono a riescire al fondo di qualche valle o in altro luogo ove si possano raccogliere le acque piovane o scorra un ruscello od anche un fiume, l'acqua potrà penetrare nello strato A A per i suoi affioramenti; e siccome poi questo strato è compreso fra gli altri due impermeabili, l'acqua non potrà uscirne nè per di sotto nè per di sopra, e sarà perciò trattenuta nell'interno dello strato.

Avviene qualche volta che tutti i punti degli affioramenti sieno ad una stessa altezza, ed in allora l'acqua rimane

ferma nell'interno dello strato come in un vaso: ma nella maggior parte dei casi v' hanno alcune parti degli affioramenti ad un livello inferiore delle altre; e se l'acqua entra per le parti più alte, non può stare in equilibrio nell'interno dello strato, ma esce dalle parti più basse, producendo una corrente continua, diretta dalle parti più alte degli affioramenti alle più basse.

Sia, nella figura 61, D il punto di entrata ed E quello d'uscita dell'acqua. Se si scava in F un pozzo verticale F C, fino allo strato A A, l'acqua della corrente sotterranea si eleverà in questo pozzo e potrà ben anche formare un getto al di sopra dell'orifizio F. Supponiamo dapprima che si sia adattato a questo orifizio un tubo verticale di una grande altezza e nel quale rimanga racchiusa tutta l'acqua che sale dal pozzo. Se tutte le parti degli affioramenti dello strato fossero ad un livello eguale o maggiore del punto D, l'acqua salirebbe nel tubo sino al punto H, collocato al livello del punto D, in virtù del principio d'equilibrio d' un liquido nei vasi comunicanti. Ma se v'ha una differenza fra i punti D ed E, e l'acqua produce una corrente nell'interno dello strato, essa non si eleverà nel tubo sino ad H, ma si arresterà ad un punto K, più basso del punto D e più alto del punto E; e questo punto K, che si può chiamare *livello d'equilibrio* del pozzo artesiano F C, sarà tanto più basso quanto più il pozzo sarà vicino al punto di uscita E della corrente sotterranea (*). Da ciò si

(*) Rammentiamo la seguente esperienza sul moto dei liquidi nei tubi. Sia A B (fig. 62) un tubo dritto, pel quale fluisca uniformemente l'acqua

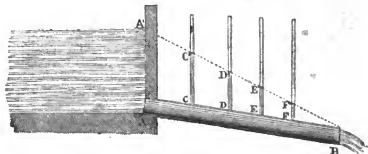


Fig. 62.

comprende come il livello d'equilibrio possa essere molto diverso per varii pozzi artesiani poco discosti gli uni dagli altri e comunicanti con uno stesso strato acquifero.

Qualora si supponga sempre in K il livello d'equilibrio del pozzo F C, se non si adatta alcun tubo all'orificio del pozzo, l'acqua formerà un getto al di sopra del suolo; ma non giungerà mai al punto K, giacchè essa, ascendendo nel pozzo, che di solito è molto ristretto e profondo, sviluppa tali attriti che le tolgono molto della sua originaria velocità. Se si adatta invece un tubo che arrivi quasi sino al livello d'equilibrio K, l'acqua ascenderà in questo tubo ed uscirà con una velocità tanto più piccola quanto più l'estremità superiore del tubo sarà vicina al punto K; e la quantità d'acqua fornita dal pozzo anderà sempre più diminuendo mano mano che si cercherà di farla salire più alto col mezzo d'un tubo siffatto, e finirà col divenir nulla quando si vorrà farla salire sino al livello d'equilibrio.

Per determinare il livello d'un pozzo artesiano non è necessario adattare al suo orificio un tubo verticale che si elevi sino al di sopra del livello stesso, il che riescirebbe molto difficile in certi casi: basta chiudere l'orificio del pozzo con un turacciolo molto solido e tenuto ben fermo, adattarvi un tubo che comunichi con un manometro, osservare la pressione esercitata sul manometro dall'aria racchiusa nel tubo, diminuire di un'unità il numero delle atmosfere indicate da esso, e moltiplicare per $10^m,33$ il residuo della sottrazione, per avere in metri l'altezza del livello di equilibrio del pozzo al di sopra del suo orificio. Vedesi infatti che la pressione esercitata dall'acqua sul turacciolo e misurata dal manometro è eguale a quella che sosterebbe una colonna d'acqua che si innalzasse sino al livello d'equilibrio nel caso che il pozzo, non essendo più chiuso, fosse munito di un tubo verticale dell'altezza conveniente.

d'un serbatoio. Se ai diversi punti C, D, E, F si adattano altrettanti tubetti di vetro verticali, vedesi che l'acqua non si eleva in tutti alla stessa altezza, ma ad altezze diverse C', D', E', F', tanto più piccole quanto più i tubetti sono vicini all'orifizio B del tubo, sempre però minori dell'altezza A' nel serbatoio.

La quantità d'acqua ottenuta coi pozzi artesiani è assai varia, ed avviene spesso che diminuisca. Questa diminuzione può essere attribuita a due cause: o alla corrente sotterranea che non eserciti più la stessa pressione all'estremità inferiore del tubo, od all'essersi ostruito l'interno del pozzo per qualche frana o per l'accumularsi di sostanze solide apportate dall'acqua stessa. La determinazione del livello d'equilibrio può far conoscere immediatamente a quale di queste due cause debbasi la diminuzione dell'acqua; nel primo caso si troverà che il livello si è abbassato, nel secondo invece sarà rimasto costante.

Vi hanno pozzi artesiani che somministrano quantità d'acqua variabili, a seconda delle variazioni nell'altezza di alcune correnti vicine (ruscelli, fiumi o altro), ed altri che, essendo vicini al mare, devono le loro variazioni alle maree; e ciò perchè gli affioramenti inferiori degli strati a cui giungono i pozzi corrispondono spesso al fondo di quelle correnti o del mare, e quindi l'acqua dello strato è soggetta ad una pressione maggiore o minore, secondo che si innalza o si abbassa il livello della corrente o del mare.

188. Pozzi assorbenti. — Se il livello d'equilibrio di un pozzo artesiano si trova al di sotto della superficie del suolo, l'acqua non può ascendere sino all'orificio, e per conseguenza quel pozzo non può somministrare l'acqua che al modo dei pozzi ordinarii, vale a dire facendo uso di mezzi speciali per elevarla sino alla superficie del suolo. Ma se invece di attingerne acqua, si fa in modo d'introdurvene, si tende a far salire il livello ed a rompere l'equilibrio. La colonna d'acqua contenuta nel pozzo diverrà troppo alta per essere sostenuta dalla pressione esercitata alla sua parte inferiore dall'acqua contenuta nello strato poroso, e per conseguenza essa discenderà in modo di ristabilire il livello com'era dapprima. Si potrà quindi farvi giungere continuamente nuov'acqua, senza che perciò esso venga ad empirsi: quest'acqua anderà nello strato sotterraneo ed uscirà pei suoi affioramenti alla superficie del suolo; o

si avrà in tal modo un *pozzo assorbente*, atto, come abbiamo già veduto, così a prosciugar terreni paludosi come a togliere la soverchia umidità nelle vicinanze di qualche costruzione importante, o negli stabilimenti industriali.

Un bell'esempio di pozzo assorbente trovasi a Saint-Denis presso Parigi. Scavando un pozzo artesiano, si trovò dapprima uno strato assorbente, poi più in basso uno strato d'acqua ascendente, e più in basso ancora un secondo strato d'acqua ascendente e migliore della prima. Si sono disposti nel pozzo tre tubi concentrici, che partendo tutti dalla superficie del suolo, discendono a diverse profondità. Il tubo interno e più stretto giunge sino al secondo strato d'acqua; il secondo tubo, che contiene il primo, lasciando uno spazio annulare libero fra loro, giunge sino al primo strato d'acqua, ed il terzo tubo, che contiene nello stesso modo il secondo, non si affonda che sino allo strato assorbente. Col mezzo di questa disposizione si ottiene che le acque più profonde ascendano pel tubo centrale, quelle del primo strato ascendano nello spazio annulare fra il tubo centrale e il secondo, e l'eccesso delle acque, che non viene utilizzato per gli usi della città, va a perdersi nello strato assorbente, per lo spazio annulare compreso fra il secondo tubo e il terzo.

189. Costruzione dei pozzi artesiani ed assorbenti. —

Da quanto abbiamo detto si comprende quali siano i luoghi più opportuni per la costruzione dei pozzi artesiani ed assorbenti. I terreni cristallini, i graniti e tutte le rocce massicce sono evidentemente nelle condizioni più sfavorevoli, giacchè le acque sotterranee non possono seguire in esse che la direzione irregolare delle loro fessure, e non si può quindi conoscere neppure per approssimazione in quali luoghi ed a quale profondità si possano esse trovare coi pozzi. Nei terreni sedimentarii profondamente sconvolti e fratturati, nelle contrade assai elevate e dominate da nessun affioramento di depositi sotterranei, non v'ha maggiore probabilità di riuscita, perchè alla irregolarità della loro struttura si aggiunge spesso la mancanza degli affio-

ramenti. Si comprende dunque che i luoghi più opportuni ai pozzi artesiani sono ristretti nei bacini regolarmente stratificati.

Quando siansi trovate in un dato paese circostanze tali da rendere probabile la riuscita d' un pozzo artesiano, bisogna aprire il canale che dal suoto si profondi sino agli strati porosi contenenti l'acqua, e difenderlo dalla pressione laterale delle terre che tenderebbero ad ostruirlo. La costruzione di siffatti pozzi differisce da quella dei pozzi ordinarii, giacchè il loro vano si riduce a pochi centimetri (da 16 a 30), a fine di diminuire la spesa e le difficoltà, e invece dello scavo si fa uso della trivellazione.

La prima operazione consiste nel traforare gli strati sotterranei in modo analogo a quello con cui si trafora il legno, cioè col mezzo di strumenti, simili ora a trapani e scalpelli ed ora a succhielli, coi quali le rocce solide si battono per triturarle, quelle poco tenaci si corrodono, e se ne estraggono i tritumi mano mano che sono prodotti. Mentre si apre in tal modo il foro, vi s'introduce successivamente una serie di tubi, i quali, sovrapposti gli uni agli altri e spinti continuamente in basso mano mano che il foro diventa più profondo, formano un tubo solo che ne riveste le pareti, e lo difende dalle frane e dalla pressione delle terre che tenderebbero insieme ad ostruirlo (*).

(*) La forma degli strumenti scavatori è assai varia. Alcuni sono foggianti a scalpello, semplice o munito di lamine taglienti laterali, o come i succhielli da falegname, e servono a rompere le rocce dure col mezzo della percussione, lasciandoli cadere e battere sulla ruccia. Altri sono fatti a cuccialo, a cilindro cavo e fesso da un lato, o di altra forma analoga, e col labbro inferiore tagliente e un po' foggiato a vite, in modo che, facendoli girare come i succhielli nel traforare il legno, possono corrodere le rocce tenere e raccogliere e portarne via i tritumi. Per le sabbie e altre rocce molto incoerenti e inzuppate di molt'acqua, servono altri strumenti che hanno la forma di un cilindro cavo, chiuso in basso da una valvola o da una palla pesante, in modo che abbassandosi nella sabbia si riempiano, e poscia sollevandosi, l'apertura si chiuda, e la sabbia venga portata via dalla trivella.

A fine di poter lavorare al di sotto dei tubi messi a difesa del traforo già fatto vennero inventati altri strumenti a trapano ed a succhiello, con

Le complicazione di tutte le parti della trivella, la facilità con cui si rompono, la lentezza del lavoro (crescendo di solito la profondità del pozzo di soli 3 o 4 decimetri al

molte o altri ordigni per poterli restringere quando devono passare entro i tubi ed allargarli di nuovo al di sotto di essi a fine di continuare il foro sempre della stessa larghezza. Altri strumenti infine s'inventarono per estrarre i succhielli, i trapani e gli altri pezzi che si possono rompere durante l'operazione.

A sostenere e muovere gl'istrumenti perforatori si adoperano lunghe aste metalliche o di legno, ed armate di spranghe di ferro, che si possono connettere fra loro, l'una di seguito all'altra, in modo da formare una sola e lunga verga rigida. Questa poi si fissa alla estremità inferiore della così detta *testa*, la quale è un'altra asta metallica che all'estremità superiore viene appesa ad una fune, che si può alzare ed abbassare facilmente col mezzo d'un semplicissimo meccanismo collocato al di sopra della bocca del pozzo. Esso consiste in una leva sostenuta da un adatto castello di legno, in modo da potersi muovere come un'altalena, e ad un'estremità della quale è appesa la fune che porta la trivella, mentre all'altra è fissa un'altra fune, colla quale parecchi uomini fanno muovere la leva. Tirando e lasciando libera alternativamente questa fune, si solleva e si lascia cadere la trivella, per battere cogli strumenti a scalpello le rocce dure. Per corrodere poi quelle meno tenaci e raccogliere i tritumi col mezzo degli strumenti foggianti a cucchiaino od a cilindro cavo, la testa della trivella è così conformata che si può, col mezzo d'una spranga orizzontale, far girare tutta la trivella sopra sè stessa, senza torcere la fune a cui è pesa.

Ogni volta che il trapano ha prodotto una bastevole quantità di tritumi, o che il succhiello è pieno di materiale, bisogna estrarre dal pozzo tutta la trivella, mediante un'altra fune che si avvolge ad un verricello unito al castello del legno sunnominato, e distaccando ad una ad una tutte le spranghe che la compongono, a fine di vuotare il succhiello o di levare il trapano per sostituirgli il succhiello destinato ad estrarre i tritumi prodotti. Riunendo poi di nuovo tutte le spranghe e approfondando di nuovo la trivella nel pozzo, si continua a corrodere col succhiello o si raccolgono i tritumi fatti dal trapano, per estrarre ancora di lì a poco tutto l'apparecchio, e così via via, lavorando alternativamente col succhiello e col trapano, oppure sempre col succhiello, a seconda della tenacità delle rocce da traforarsi.

Ognuno può ora comprendere perchè la difficoltà, e quindi anche il prezzo per la costruzione di siffatti pozzi, vada crescendo colla profondità, giacchè riesce necessario un numero sempre maggiore di spranghe, diventa sempre più pesante e difficile a maneggiarsi l'apparecchio intero, e va crescendo la probabilità di rompere le spranghe, a motivo delle continue oscillazioni che soffrono quando si battono col trapano le rocce tenaci.

giorno) ed altre cause accidentali fanno sì che siffatte operazioni riescono assai costose; ma di rado falliscono quando sieno ben dirette e sovvenute con sufficienti mezzi pecuniarii.

RICERCA ED ESTRAZIONE DEI MINERALI UTILI

190. Cenno storico. — Lo scavo delle miniere era condotto in modi rozzissimi dagli antichi, ed anche dai Romani, i quali estraevano dalle Gallie e dalla Spagna il piombo e l'argento, dalle coste dell'Inghilterra il rame e lo stagno, dalla Slesia e dall'isola d'Elba il ferro, da pochi luoghi d'Italia il rame, dalla Transilvania ma più ancora dall'Asia l'oro; e non sapendo ben lavorare che i metalli di facile fusione, fabbricavano col bronzo o col rame quasi ogni sorta di utensili e di armi.

Le loro miniere erano vaste camere e scavi irregolari, riuniti da gallerie sinuose e difficili, comunicanti coll'esterno per mezzo di pozzi assai vicini gli uni agli altri e irregolari; dal che si vede che gli antichi non hanno mai avuto alcuna esatta cognizione della direzione e dell'inclinazione dei filoni. Lo scavo delle miniere era in allora riservato allo stato, e si faceva col mezzo di schiavi o di condannati, che vi menavano la peggior vita che si possa immaginare. In siffatto modo, ed adoperando come combustibile la legna, che avevano in gran copia ed a buon patto, i Romani poterono trar profitto di filoni e depositi sì poveri che in appresso vennero abbandonati, ricorrendo ad altri assai più ricchi e che meglio compensarono le spese.

Cessati i lavori delle miniere in Italia coll'arrivo delle orde dei barbari, non risorsero che nel secolo ottavo, al di là delle Alpi, nel Tirolo, nella Moravia, in Boemia e nell'Ungheria, in appresso nell'Hartz, e più tardi ancora nella Sassonia, e infine nella Svezia, nell'Inghilterra e in America; ed andarono sempre più perfezionandosi mediante i progressi della Geologia e l'introduzione dell'uso della pol-

vere e delle rotaie di ferro o di legno. Per sovvenire la sempre crescente consumazione, l'attività dei lavori delle miniere andò sempre più crescendo sin ai tempi nostri, in cui vediamo la Gran Bretagna primeggiare per le miniere di ferro, carbon fossile, stagno, rame, piombo; la Russia, comprese le provincie asiatiche, per quelle di metalli preziosi, ferro e zinco; la Francia per quelle di ferro, di carbon fossile e d'altri metalli. L'America fornisce $\frac{1}{2}$ dell'oro e dell'argento messi in commercio annualmente, il Perù quasi tutto il platino, il Chili e il Messico molto mercurio per l'estrazione dei metalli preziosi, la China produce ferro e rame in quantità sufficiente pei proprii bisogni, e l'India esporta una quantità di stagno eguale al doppio della produzione europea (*).

Nell'accennare le cose più importanti relative alla ricerca ed all'estrazione dei minerali utili, diremo dapprima della loro distribuzione entro la crosta terrestre, e in appresso dei vari modi della loro estrazione dal seno della terra, rimandando, per quanto riguarda i trattamenti metallurgici dei minerali, a ciò che ne abbiamo detto in generale a pag. 194 ed in particolare dopo la descrizione dei minerali d'ogni metallo.

Giacitura dei minerali.

191. Generalità. — Werner, il primo che abbia trattato scientificamente dello scavo delle miniere, distingueva i minerali in due grandi categorie, secondo che trovansi in grandi ammassi e formano parte integrante della crosta terrestre, oppure costituiscono depositi limitati e racchiusi nei primi, chiamando *rocce* i primi e *minerali accidentali* i secondi.

(*) Secondo Burat gli stati d'Europa, classificati secondo il valore dei loro prodotti in metalli greggi, starebbero nell'ordine seguente: Inghilterra 440 milioni, Russia e Polonia 135, Francia 132, Austria 67, Confederazione germanica 62, Spagna 54, Svezia e Norvegia 54, Prussia 49, Belgio 40, Toscana 15, Piemonte e Savoia 11, Danimarca 9.

La prima categoria fornisce all'industria le pietre da costruzione, quarzose, calcaree o felspatiche, le pietre da calce e da gesso, le argille plastiche e i caolini, elementi indispensabili delle arti ceramiche, i materiali d'ornamento, come i marmi, i porfidi, ecc., i combustibili fossili, una gran parte del sal gemma, molte miniere di ferro, ed infine i materiali adoperati in molte arti speciali, come le sabbie per le fabbriche di vetro, le pietre da macine, le coti, le pietre litografiche, ecc., che vogliono essere a buon mercato e la cui estrazione non deve per conseguenza richiedere grandi spese.

La seconda categoria comprende tutte le miniere metallifere (eccettuate poche di ferro che si possono mettere tra le rocce), le pietre preziose, ecc.

Nella prima parte di questo libro avendo noi non solamente descritte le rocce e i minerali di cui sono composte, ma ben anche fatto cenno dei principali materiali di costruzione e d'ornamento che esse rocce somministrano, passeremo addirittura a dire della distribuzione geografica e geologica dei combustibili fossili e degli altri minerali più importanti.

192. Combustibili fossili. — Ed anzi tutto rammenteremo che il terreno carbonifero, così chiamato per contenere il vero carbon fossile, forma soltanto un certo numero di bacini distinti e limitati, raggruppati intorno ai terreni cristallini; e trovasi bene sviluppato e ricco di combustibile soltanto in certe contrade, specialmente nell'Europa settentrionale, cioè nella Gran Bretagna (fra Edimburgo, Glasgow e Dumbarton, nel Northumberland presso Newcastle, nel Derbyshire e nel paese di Galles), nel Belgio, in Francia (bacini presso il Reno, nel dipartimento di Saona e Loira a Elanzy, Creuzot, Epinac, in quello della Loira a Saint-Étienne e Rive-de-Gier, in quello di Gard, nella Vandea, ecc.), in Prussia (bacino di Saarbrück fra il Reno e la Mosella), ecc. (*).

(*) Nell'anno 1852 l'Inghilterra produsse 400 milioni di quintali metrici di carbon fossile, la Prussia 60, il Belgio 50, la Francia 45, l'Austria 9, la Spagna 1.

Il carbon fossile si trova comunemente in istrati nelle arenarie micacee, nei conglomerati e nelle argille schistose della parte superiore del terreno carbonifero, caratterizzata da fossili speciali, per la maggior parte differenti dalle ammoniti, dalle grifee, dalle belemniti e da tutti gli altri dei terreni più recenti. Può però trovarsi, dice Burat, anche nei terreni cambrici e silurici, come nelle marne variegate del trias e nella parte inferiore del lias.

Al di sopra del lias, cioè nei terreni cretacei e terziarii, gli avanzi di vegetali si trovano per lo più allo stato di lignite, talvolta però compatta a segno da somigliare al carbon fossile; nei terreni di trasporto e moderni abbondano invece le torbe.

Tre specialmente sono le circostanze che possono indurre alla ricerca del carbon fossile in un paese: l'averne scoperta qualche traccia, l'esistere già qualche miniera nelle vicinanze e la probabilità che vi si trovi qualche bacino del terreno carbonifero. Nel primo caso, quando cioè l'esistenza del carbon fossile in qualunque terreno venga indicata da alcuna traccia scoperta in qualche scavo sotterraneo o negli affioramenti degli strati, il geologo non ha che a calcolare la direzione e l'inclinazione degli strati per dirigere le trivellazioni, che, attraversando gli strati superiori, possano accertarlo dell'esistenza di qualche deposito di carbon fossile abbastanza ricco da compensare le spese di scavo. Nel secondo, cioè quando esista già nei paesi vicini qualche miniera, bisogna consultare bene le direzioni e inclinazioni degli strati già conosciuti, e cercarne sotterra la continuazione col mezzo di trivellazioni. Nel terzo caso, in cui si voglia accertarsi dell'esistenza d'un bacino del terreno carbonifero nel paese da esplorarsi, bisogna esaminare accuratamente la struttura geologica del paese stesso, bisogna indagare, cioè, col mezzo dei criterii mineralogici, stratigrafici e paleontologici insegnati dalla Geologia, quali terreni vi si trovino e quale disposizione essi presentino, allo scopo di scoprire se vi esista realmente il terreno carbonifero e come sia disposto;

e quand'esso si sia trovato, fa d'uopo esaminare con molta cura i suoi affioramenti e praticare ben anche alcune trivellazioni per conoscere se contenga il carbon fossile e se questo sia in tale quantità ed in tali circostanze da esserne utile lo scavo.

Quanto abbiain detto della ricerca del carbon fossile può valere anche per la lignite; mentre la torba è per lo più coperta da sottili depositi alluvionali, e si trova di solito là dove il suolo è ancora paludoso, od ha l'aspetto d'esser stato in epoche remote una palude.

193. Stratificazione del carbon fossile. — Gli strati di carbon fossile variano assai nella loro potenza e regolarità; così, per esempio, nel nord della Francia sono assai estesi in superficie, ma di piccolo spessore; nel mezzodì invece sono molto potenti ma anche assai limitati in estensione. Quando hanno poca potenza sono spesso in gran numero e alternansi con altri d'argilla, di sabbia o di arenaria micacea. Essi non sono quasi mai così continui come quelli del terreno che li contiene; per il che, quando siansi trovati gli strati del terreno carbonifero, si è ben lungi dallo scoprir subito anche quelli di carbon fossile, ed abbisognano ancora nuove trivellazioni per la ricerca di questi e per determinarne l'estensione.

Gli strati di carbon fossile sono di raro orizzontali, o colla forma del bacino in cui si formarono; quasi sempre invece sono ripiegati, sconvolti, rotti in mille modi, sì che di frequente terminano là dove avrebbero l'apparenza di continuare ancora per lungo tratto, o cangiano subitamente di direzione o d'inclinazione, e talvolta sono così ripiegati a zig zag (fig. 63) che con un sol pozzo si attraversa parecchie fiate lo stesso strato. In alcuni casi lo strato di carbon fossile termina tutt'ad un tratto, dividendosi in straterelli e mischiandosi a sostanze terree, ed allora è difficile trovarlo più avanti; in altri casi invece si assottiglia e finisce, ma senza lordarsi di sostanze terree, e progredendo cogli scavi se ne incontra poco dopo la continuazione. Queste interruzioni (dette *crains* o *coufflées* dai Francesi) sono

frequenti, e spesso, quando sieno più volte ripetute, uno strato trovasi mutato in una serie di depositi in forma di lenti.

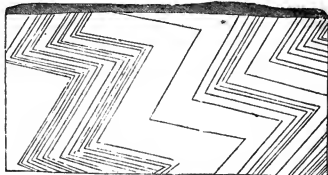


Fig. 63. — Stratificazione a zig zag negli strati carboniferi a Mons, in Francia.

Le fratture con ispostamento (dette anche *salti* o *rigetti* e dai Francesi *failles*, e prodotte dal frangersi degli strati trasversalmente e dallo scorrere l'una sull'altra le parti distaccate in modo da non trovarsi più in rispondenza) sono anch'esse assai frequenti nelle miniere di carbon fossile, sì che talvolta uno strato è quasi ridotto a formare co' suoi tronchi una serie di gradini. Queste fratture furono spesso accompagnate da un allargamento della fessura e dal suo riempimento per opera dei tritumi delle rocce circostanti, ed in allora lo strato trovasi interrotto da questi tritumi, ma riesce facile ai minatori di ritrovarlo al di là di essi. È utile poi a sapersi che sovente i piani delle fessure sono paralleli alle valli od alle catene di montagne vicine.

In Francia ogni bacino di carbon fossile presenta per lo più, riunendo insieme i suoi strati, una potenza totale di circa 10 metri; quello di Newcastle contiene 40 strati, e la potenza di ciascuno strato varia fra 10 centimetri e 2 metri, in modo che la potenza totale riesce di 13 metri, e 9 soltanto di questi metri si possono lavorare, a motivo della grande sottigliezza di molti tra quegli strati. In generale è da osservarsi che l'importanza d'un bacino di carbon fossile non dipende solo dalla sua quantità, ma anche

dalla sua posizione più o meno favorevole al trasporto del materiale estratto.

194. Sal gemma e gesso. - Solfo. — Il sal gemma ed il gesso trovasi in quasi tutti i terreni, ma specialmente nel trias e nei terreni terziarii; e sono quasi sempre accompagnati da strati di calcare dolomitico e di argille o marne grigie o azzurrognole, variegata di rosso. Il sal gemma forma strati regolari ma poco estesi, od ammassi compresi fra gli strati delle altre rocce.

Nell'est della Francia (a Vic e nella valle della Scille) il sal gemma si trova in istrati nel terreno triasico, insieme con piccoli ammassi di gesso, anidrite, ecc.; nei Pirenei sta nei terreni cretacei e terziarii, formando varii ammassi collegati ad altri di gesso e di ofite, e che si vedono alla superficie del suolo nella collina di Cardona; nel Salisburghese è misto alle rocce calcaree, sì che per estrarlo è necessario il metodo della dissoluzione; a Wieliczka, in Polonia, forma varii ammassi concordanti fra loro e cogli strati contorti della roccia terziaria che lo contiene; e finalmente in Italia è per lo più nei terreni terziarii, insieme col gesso; ma nelle Alpi quest'ultimo trovasi anche da solo in ammassi collegati colle rocce triasiche.

Lo solfo trovasi ora in analoga posizione del sal gemma, ed ora nei luoghi vulcanici.

195. Minerali di ferro stratificati. — Il carbonato di ferro e gli ossidi varii di questo metallo trovansi di frequente in istrati, mentre tutti gli altri minerali metalliferi s'incontrano in filoni, ammassi, ecc. Alcuni, e specialmente il carbonato litoide, trovansi in noduli e piccoli ammassi negli strati delle rocce metamorfiche e paleozoiche; altri, per lo più ossidi od idrati, formano strati alternanti con quelli del lias, e della potenza di 4 a 5 metri, oppure alternanti con quelli delle altre parti dei terreni giuresi e cretacei. Una terza specie di minerali di ferro, per lo più idrati, forma estesi ammassi di struttura pisolitica od oolitica, che riempiono le fessure di antiche rocce sedimentarie, ed appartengono all'epoca alluvionale, oppure costitui-

sce varii strati sotto a quelli del terreno alluvionale. Dei minerali di ferro in istrati alternanti con quelli dei terreni secondarii vi hanno frequenti esempi nel mezzodì della Francia, dei minerali pisolitici ed oolitici in molte fessure della catena del Giura, e del ferro idrato alluvionale nella valle del Reno.

La ricerca dei depositi stratificati antichi, prodotti probabilmente da sorgenti ferrifere, deve farsi specialmente nelle superficie di divisione fra due terreni, servendo per guida l'analogia coi luoghi ove già esistono miniere. I minerali di ferro d'alluvione si ricercano mediante trivellazioni, seguendo gli indizii forniti dagli affioramenti e qualunque altra guida che la pratica del paese abbia fatto conoscere come la migliore.

196. Filoni ed ammassi irregolari. — I minerali metalliferi, come abbiamo già detto più volte, non si trovano di solito che in filoni od in ammassi irregolari. Chiamansi poi *miniére* (*minerais* o *mines* dei Francesi) quando contengono una quantità di metallo sufficiente da renderne utile l'estrazione (*); e si dà il nome di *ganga* o *matrice* alla sostanza minerale che accompagna la miniera.

I *filoni* sono fessure nelle rocce, a pareti parallele o quasi, che attraversano gli strati dei terreni nei quali si trovano, e sono ripiene di sostanze minerali, che contengono di sovente le miniere metallifere. Essi non hanno dunque in generale alcuna relazione colla stratificazione del suolo, e presentano quasi sempre ben anche una composizione assai differente. Gli *ammassi* sono formati dalla riunione di sostanze minerali senza alcuna forma determinata; e si distingue col nome speciale di *stock-verk* ogni ammasso in cui la miniera sia disseminata entro le fessure delle rocce che lo costituiscono. Queste disposizioni però passano assai di frequente le une nelle altre, sì che

(*) Perchè una miniera possa esser lavorata con profitto deve contenere, secondo Burat, almeno $\frac{1}{3}$ di metallo puro se è di ferro, $\frac{1}{30}$ se di piombo, $\frac{1}{20}$ se di zinco, $\frac{1}{50}$ se di rame, $\frac{1}{1000}$ se d'argento, $\frac{1}{10000}$ se d'oro.

talora riesce difficile il decidere se una data miniera appartenga piuttosto all'una che all'altra di quelle specie.

Si chiama *tetto* la parete superiore d' un filone o d' un ammasso; *muro* o *letto* la parete inferiore; *salbande* le rocce che stanno fra le pareti del filone o dell'ammasso e la miniera; *affioramenti* i luoghi dove i filoni o gli ammassi giungono alla superficie del suolo; *potenza* d' un filone il suo spessore, ossia la distanza fra le sue pareti; *direzione* d' un filone quella di una retta orizzontale segnata nel piano del filone; e finalmente *inclinazione* l'angolo che questo piano fa coll'orizzonte.

Nella maggior parte dei casi la massa dei filoni è formata dalle matrici, e queste sono costituite da un piccolo numero di minerali tra i quali si annoverano specialmente: la silice allo stato di quarzo salino, diaspro, agata, con geodi di cristalli, ecc.; la calce carbonata, cristallizzata o spatica, talvolta dolomitica, ferruginosa, o unita al ferro spatico o al silicato roseo di manganese; lo spatofluore, puro e cristallizzato, oppure misto col quarzo o collo spato calcareo; la barite solfata bianca, laminare o cristallizzata; l'argilla impura, talora schistosa; gli ossidi di ferro ed alcuni silicati (amfibola, talco, serpentina).

Le miniere sono disseminate in queste matrici in vene, filoncini, venuzze, pagliette, arnioni, granelli e cristalli, o in altre forme analoghe. I filoni colle matrici suindicate sono di rado sterili, cioè senza miniera metallifera; mentre invece sono quasi sempre affatto sterili quelli riempiti da puddinghe, da brecce e da altre rocce detritiche formate dai tritumi di quelle del muro e del tetto. Vanno per altro distinti quelli formati dall'argilla che proviene dalla decomposizione in posto delle rocce che prima li riempivano.

I filoni si manifestano alla superficie del suolo in forma di fessure piene di sostanze per lo più diverse da quelle che compongono le rocce circostanti. Dei piani di queste fessure è quasi sempre facile misurare colla bussola la direzione e l'inclinazione, ed in tal modo si può scoprire

l'andamento sotterraneo dei filoni, la profondità da darsi ai pozzi nei diversi luoghi, la direzione delle gallerie da farsi sotterra, ecc.; ma bene spesso i filoni cangiano di direzione e d'inclinazione a qualche profondità sotto al livello del suolo, ed allora non si può ritrovare il filone se non col mezzo di numerose trivellazioni.

Quando i filoni sono regolari presentano le diverse matrici sovrapposte a straterelli contro le pareti e coi cristalli per lo più diretti verso il centro del filone; quando le pareti sono ondulate, contengono le cavità tappezzate di cristalli, che si dicono *géodi*, *druse*, *forni*, *saccocce*, ecc. È dai filoni metalliferi che provengono quasi tutte le belle cristallizzazioni che ornano i gabinetti di Mineralogia; ma esse non ponno dare un'idea della vera composizione di quei filoni, giacchè sono altrettante *géodi* o *druse* isolate, mentre nella massa del filone la cristallizzazione è confusamente indicata dalla struttura fibrosa o lamellosa.

La distribuzione della miniera è assai varia: in generale è più abbondante e più ricca nei luoghi ove i filoni si gonfiano o si suddividono in molte vene, la cui somma riesca maggiore della potenza media del filone. Talvolta uno stesso filone contiene in un luogo un minerale e in un altro un minerale differente, a seconda delle rocce che attraversa; come pure cambia spesso di ricchezza e di dimensioni passando da una roccia in un'altra. Altre volte un filone non contiene un dato metallo se non dove attraversa altri filoni di differente natura. E in generale non sembra che esista una legge che regoli la ricchezza dei filoni, sì che in ogni paese si trovano speciali relazioni tra essa, le rocce in cui passano e le altre circostanze della loro struttura e disposizione; e chi volesse intraprendere il lavoro d'un filone deve regolarsi sulle osservazioni già fatte negli altri filoni della stessa natura e dello stesso paese.

Le dimensioni dei filoni sono variabilissime: per lo più la loro potenza è minore d'uno o due metri, e si possono seguire per migliaia di metri nel seno della terra; v'hanno però alcuni filoni metalliferi della potenza di 20, 30 e più

metri, come quello argentifero presso Guanaxato nel Messico, che ha la potenza da 30 a 45 metri.

L'andamento dei filoni dipende dalle circostanze in cui si sono formati. Quelli prodotti da fessure con spostamento sono i più regolari ed estesi, ma soggetti a numerosi restringimenti e rigonfiamenti. Quelli prodotti da fessure senza spostamento sono meno regolari, si ramificano, riempiono varie fessure parallele, ma che non comunicano fra loro, ora attraversano gli strati ed ora si estendono nei loro intervalli, e cangiano spesso di potenza passando attraverso rocce di differente tenacità. Alcuni filoni sembrano prodotti da fratture del suolo riempite dall'esterno, ed hanno la forma di un cuneo che abbia la base alla superficie del suolo e termini ad una certa profondità. La maggior parte però dei filoni si estende indefinitamente nel seno della terra, per il che gli scavi fatti per incontrarli a qualche profondità non sono soggetti ad altro rischio che a quello di trovarli meno ricchi od a profondità diverse da quelle calcolate, per effetto di qualche cangiamento nella direzione o nella inclinazione.

Ben di rado i filoni sono isolati, ma quasi sempre raggruppati insieme, sia dello stesso metallo sia di metalli differenti, e dallo studio della loro direzione è spesso facile distinguerli in due o più gruppi d'età differenti. Così, per esempio, si sono distinti nella Cornovaglia nove sistemi di filoni: due di stagno, uno di porfido, tre di rame, uno di quarzo e due d'argilla. E in generale si osserva che i filoni della stessa età hanno composizione identica e sono paralleli non soltanto fra loro, ma ben anche alle catene di montagne che ebbero origine nella medesima epoca.

Gli ammassi sono anch'essi di rado isolati, ma il più sovente raggruppati entro uno stesso terreno, e in generale si trovano presso emersioni di rocce ignee ed entro rocce metamorfiche, e specialmente presso le emersioni di porfidi felspatici o amfibolici (come nelle Cordigliere d'America, in Norvegia ed Ungheria), o di rocce ser-

pentinose (come nella Val d'Aosta in Piemonte ed in Toscana). Sono spesso assai ricchi di miniera, ma poco estesi; però v'hanno alcuni ammassi ferriferi così considerevoli che si possono quasi considerare come inesauribili, quali per esempio quelli a Traversella in Piemonte, nell'Isola d'Elba e nella Svezia. Molti tra questi ammassi sembrano prodotti dall'introduzione delle sostanze metallifere nelle cavità irregolarissime aperte nelle rocce sedimentarie o metamorfiche presso al loro contatto colle emersorie, sono messi in comunicazione tra loro e col centro della terra col mezzo di filoni o di vene molto ristrette, e diconsi *filoni di contatto*.

197. Distretti metalliferi. — Nella distribuzione dei minerali metalliferi trovasi molta analogia con quella degli altri minerali. Così, per esempio, i felspati si trovano nelle rocce d'ogni epoca, e il ferro esiste in tutti i terreni, e spesso serve di matrice ad altri minerali: il quarzo e il mica sono tanto più comuni nelle rocce quanto più esse sono antiche, e in egual modo l'ossido di stagno e il wolfram o sceelino ferruginoso sono i minerali più antichi; e come il pirosseno non si trova mai coll'amfibola ma bensì col peridoto, e quest'ultimo minerale non è mai unito col felspato, così l'oro accompagna quasi sempre le piriti di ferro o gli idrati provenienti dalla loro alterazione, l'argento solforato s'incontra colla galena, gli ossidi di ferro con quelli di manganese e di titanio, i minerali di cobalto con quelli di nickel, mentre il cinabro, la calamina, il platino ed altri si trovano quasi sempre isolati.

Se ora passiamo ad esaminare la distribuzione geografica delle miniere metallifere, troviamo dapprima che la Cornovaglia e il Cumberland sono i paesi più ricchi dell'Inghilterra, e vi abbondano i filoni di stagno e di rame, entro gli schisti amfibolici e talcosi che ricoprono un'emersione granitica e sono attraversati da filoni di porfido.

L'impero russo ha i suoi filoni metalliferi sul versante asiatico degli Urali, al nord di Ekatherinenburg, d'oro, platino, rame e ferro; nell'Altai, fra la Siberia e la Tartaria,

a Kolyvan e Zmeof, d'oro e argento aurifero; e nella Dauria, fra il lago Baikal e l'oceano orientale, di galena argentifera. L'oro e il platino sono sparsi entro certe sabbie trasportate dai fiumi e provenienti dall'alterazione dei filoni in posto; i minerali di rame e ferro sono in ammassi e filoni presso le rocce emersorie, e quelli di piombo argentifero nella Dauria trovansi entro calcaree e dolomie in depositi irregolari.

La Francia presenta molte miniere di stagno e di rame nella Bretagna, di piombo argentifero, rame, cobalto, arsenico e di piriti aurifere nei monti Vogesi, di galena argentifera nelle montagne del Forez, dell'Alvernia, delle Cevenne, ecc., di ferro spatico, ferro idrato, piriti ed oro nativo nei Pirenei e nelle Alpi; e sono per lo più contenute nelle rocce metamorfiche presso le emersorie, e in pochi luoghi fra le calcaree cristalline e le argille schistose del terreno giurese.

Nell'Austria scavansi miniere d'oro e argento nel Salisburghese e nel Tirolo, di smaltina e d'arsenico nella Boemia (nell'Erzgebirge), di ferro nella Moravia, nella Stiria e nella Carinzia, di piombo nella Carinzia stessa, specialmente a Bleyberg, di mercurio ad Idria nell'Illiria, d'argento ed oro in Ungheria, specialmente a Schemnitz.

Il vasto paese montuoso della Svezia e Norvegia consta quasi tutto di schisti cristallini e di calcaree metamorfiche, con frequenti emersioni di graniti, porfidi e rocce amfiboliche; ed è specialmente a quest'ultime che sono collegate le miniere di rame di Falhun in Dalecardia ed altrove, e quelle di ferro che formano una zona dal lago Onega all'angolo sud-ovest della Norvegia.

La Spagna, cessata l'apatia del governo che ne aveva il monopolio, lavora oggidì varie ricche miniere di mercurio, di piombo e di ferro, riunite quasi tutte nell'Estremadura, e che consistono in filoni entro gli schisti e le calcaree metamorfiche attraversate da emersioni granitiche.

In Prussia la più importante località per le miniere metallifere è la Turingia, dove si estrae il rame dagli schisti

marno-bituminosi del terreno triasico (*kupfer-schiefer*), che sembrano metamorfosati e arricchiti di minerale cupifero per opera di certe emanazioni che si svolgevano entro le acque all'epoca della loro formazione. Nella Slesia trovansi miniere di piombo, ferro e zinco.

La Sassonia è il paese più studiato della Germania per ciò che riguarda le miniere. La catena dell'Erzgebirge, fra la Sassonia e la Boemia, contiene nelle rocce metamorfiche varii filoni ed ammassi di rocce emersorie e di miniere metallifere, specialmente di stagno. L' Hartz forma un'isola nel mezzo dei terreni sedimentarii della Germania settentrionale, e dà gran copia di ferro, piombo, argento e rame.

Passando ora all'Italia, vi troviamo i numerosi depositi metalliferi della Toscana e dell'Isola d'Elba, che fanno quasi dimenticare quelli del versante meridionale delle Alpi. Tra questi ultimi ci limiteremo ad accennare soltanto le miniere di ferro di Traversella nella provincia d'Ivrea e della Val d'Aosta, quelle di piombo e argento della Tarantasia e della Morienna, le piriti aurifere della Valle Anzasca e della Val Sesia, che sono evidentemente in relazione colle emersioni serpentinosi e porfiriche di quel tratto di Alpi; le miniere di ferro e di rame che si trovano in Lombardia negli strati inferiori sedimentarii, a Gaeta sul lago di Como e nelle valli del Bergamasco e del Bresciano, e che sono anch'esse collegate coll'emersione serpentinosi di cui sono formati alcuni monti della Val Brembana e trovansi le tracce in molti steaschisti e nel cemento steatitoso di alcune parti dell'arenaria permiana; e finalmente alcune del Veneto, specialmente quelle di rame di Agordo, che sembrano in relazione coi filoni di leucozolite.

I depositi metalliferi della Toscana si trovano radunati in quella serie di monti, parallela alla costa del mare, dalla Spezia alla penisola di Monte Argentaro, che erroneamente vien detta *catena metallifera*, giacchè quei monti non formano un insieme continuo, ma son isolati in mezzo alla pianura delle Maremme, e si deve comprendere in essi

anche l'Isola d'Elba. Le rocce di questo tratto di monti, come vedemmo nella Geologia geografica, sono per lo più metamorfosate in calcaree saccaroidi, diaspri, marmi, gabbri, ecc., per l'azione delle rocce ignee che le attraversarono e sconvolsero.

I depositi metalliferi vi sono di solito in istretta relazione con certe rocce emersorie speciali, sì che nell'Isola d'Elba, per esempio, non esistono se non nella parte orientale, dove abbondano le serpentine, e mancano nel Monte Campana, che è ricco di emersioni granitiche. Anzi talora sembrano aver fatto essi stessi l'ufficio di roccia sollevante, giacchè al Monte Calamita, nella stess'isola, vedesi un ammasso di ferro ossidulato tener sollevati sopra di sè gli strati calcarei metamorfici, e contenerne in sè stesso molti frammenti, vicino al suo contatto colla roccia sedimentaria.

Un filone di contatto è il filone irregolare, della potenza da 1 a 2 metri, che a Monte Catini attraversa la roccia arenacea alterata, che è detta *gabbro rosso*, ed è riempito di argilla verde, prodotta dall'alterazione della steatite e sparsa di venuzze e particelle di rame piritoso e con arnioni di rame piritoso e fillipsite, puri e isolati dalla matrice e radunati presso alle pareti del filone. Là dove sporge alla superficie del suolo, questo filone non mostra che la potenza di 20 centimetri, in modo che esiste appena un segno esterno di quella ricchezza minerale. Analoga disposizione e composizione osservasi anche in altri filoni a Monte Vaso, Monte Nero e Rôcca Federighi.

Il Campigliese presenta un terzo genere di depositi metalliferi, e son filoni i cui affioramenti hanno la stessa direzione della cresta di Monte Calvi, ma interrotti di tratto in tratto e intrecciati fra loro entro le rocce calcaree metamorfiche: constano di ematite bruna mangesifera, di jenite (silicato di ferro e calce) e di amfibola verde o giallastra, e contengono una quantità di rame piritoso, e di blenda o di galena, disposta in arnioni od a zone colla matrice.

Un quarto modo di distribuzione che si osserva nella Toscana è quello degli strati quarzosi alternanti coi calcarei cretacei inferiori, ricchi di venuzze e particelle metallifere (pirite di rame, rame grigio, galena e blenda), e disposti in una zona diretta da Montieri all'Accesa.

I principali fra questi depositi furono scavati fin dai tempi più remoti, come ne fanno testimonianza le tracce di antichi lavori sotterranei e le congerie di scorie che si osservano in certe valli e che attestano l'esistenza di lavori metallurgici assai estesi, nel Campigliese alla Madonna di Fucinaia, a Porto Ferraio, Piombino, Monte Argentario, Montieri, al Campo delle Bucce presso Monte Calvi, ecc.

Tutti questi depositi metalliferi d'Italia, come quelli di galena e panabasio a Pietrasanta, di cinabro a Seravezza, ecc., sono quindi più o meno collegati colle emersioni serpentinosi e porfiriche delle Alpi e degli Apennini, o contenute nelle rocce sedimentarie metamorfosate dalle serpentine e dai porfidi; e ciò sembra ancora provato con maggior certezza dal fatto che nel restante dell'Italia, dove non s'incontrano più le emersioni serpentinosi e porfiriche, mancano benanche o sono molto più rari e poveri i depositi metalliferi.

198. Relazione dei depositi metalliferi colle rocce ignee o loro continuità. — Lo studio dettagliato di questi e degli altri distretti metalliferi, non solo d'Europa ma anche delle altre parti del mondo, condusse a tre risultati generali molto importanti intorno alla distribuzione dei depositi metalliferi nella crosta terrestre.

Il primo è che tutti i depositi metalliferi sono in istretta unione colle rocce ignee, sì che si trovano quasi sempre raggruppati presso le loro emersioni, le attraversano in ogni direzione, riempiono i vani lasciati da esse, e sembrano bene spesso prodotti da sublimazioni di sostanze provenienti dall'interno della terra, entro le cavità aperte nella sua crosta solida, durante i cataclismi a cui essa andò soggetta sin dalla sua origine. Talvolta trovansi alcuni depositi contenuti tra gli strati di rocce sedimentarie dislocate e senza

alcuna apparente relazione colle ignee; ma se si giunge cogli scavi ad una sufficiente profondità, si vede sempre che quelle fratture riempite dai minerali metalliferi vanno a collegarsi con qualche emersione sotterranea.

Il secondo risultato si riferisce all'età relativa dei depositi metalliferi. La Geologia insegna che in generale le rocce ignee emersero in epoche differenti, e specialmente che le rocce granitiche (graniti, protogini, sieniti, ecc.), caratterizzate dalla struttura cristallina dei loro componenti, furono le prime a penetrare nelle fratture della crosta solida; che le rocce porfiriche e serpentinosi (porfidi quarziferi, felspatici ed amfibolici, euriti, melafiri, trappi, serpentine, varioliti, spiliti, amfiboliti, dioriti, ecc.), caratterizzate dalla loro pasta omogenea e più o meno sparsa di cristalli isolati, comparvero per le seconde; e che le più recenti sono le rocce vulcaniche antiche e moderne (basalti, trachiti, lave, ecc.). Or bene, i minerali metalliferi non sono collegati a tutte quelle rocce egualmente: le granitiche sono accompagnate da parecchi minerali metalliferi, come il wolfram, l'ossido di stagno, il molibdeno solforato, ecc., ma in quantità sì piccola che ben di rado alimentano qualche lavoro; le porfiriche e serpentinosi invece sono ricchissime di minerali metalliferi, e ad esse sono uniti quasi tutti i depositi che si lavorano colle miniere, mentre alle vulcaniche si collegano pochi depositi di minerali analoghi a quelli che si formano anche attualmente nelle cavità dei vulcani attivi e delle solfatare. Fra questi ultimi si annovera l'oro, che si trova in filoni nelle catene montuose di più recente formazione (Alpi, Pirenei, Urali, Ande, ecc.), e che in Lombardia, ai monti Urali, in California e nell'Australia si raccoglie nelle alluvioni delle loro valli.

Finalmente lo studio di tutti i depositi metalliferi finora lavorati prova la verità della conseguenza principale dedotta dalla loro origine, che cioè essi non si limitano soltanto alla parte più esterna della crosta della terra, ma devono continuare indefinitamente verso il suo centro, sino allo strato delle rocce ancora incandescenti. Infatti, negli scavi aperti

nei filoni regolari non solo, ma anche nei depositi irregolari, non si giunse mai a trovare la loro fine, ed il motivo per cui spesso si sospesero i lavori fu l'incontro di parti non abbastanza ricche ed estese da esserne profittevole il lavoro. La sola differenza fra gli uni e gli altri sta in ciò, che i filoni regolari presentarono sempre molta uniformità nella loro composizione e ricchezza e nelle loro dimensioni, e formarono perciò sempre la base essenziale e più sicura della produzione delle miniere, mentre i depositi irregolari, quelli cioè formati da ammassi più o meno estesi riuniti fra loro da piccoli filoni o da vene molto ristrette e povere o affatto sterili, tra' quali si annoverano specialmente i filoni di contatto, sono soggetti a molte variazioni assai considerevoli, sì che spesso, dopo essere stati lavorati con molto profitto, devono abbandonarsi per la grande diminuzione nella quantità e nella ricchezza delle miniere (*).

(*) I numerosi esempi di lavori sospesi o cessati affatto per questo motivo diedero appoggio alla credenza che i depositi irregolari fossero limitati e non continuassero mai oltre una certa profondità nel seno della terra; ma vi sono anche esempi d'intraprenditori coraggiosi i quali, non lasciandosi abbattere dalla diminuzione nei prodotti e da quest'opinione, continuarono nei loro scavi e, dopo qualche tratto improduttivo, trovarono altri ammassi assai estesi e ricchi da compensare largamente tutte le spese fatte; per il che ora sembra provato, come abbiám detto qui sopra, che anche i depositi irregolari continuano indefinitamente nel seno della terra, quantunque siano formati di ammassi irregolari, riuniti fra loro da parti poverissime e molto ristrette od anche affatto sterili, e rendono con ciò molto irregolare e variabile la loro produzione. Si ammette quindi generalmente che tutti i depositi metalliferi continuano indefinitamente nel seno della terra; che non presentano nelle loro parti più profonde maggiori variazioni nelle dimensioni e nella ricchezza loro che nelle parti più superficiali; e che quando i lavori siano giunti ad una certa profondità, è assai probabile che la struttura e la composizione presentate fin là dai depositi metalliferi continuino le stesse in tutto il restante degli scavi. Conclusioni assai importanti, perchè da esse imparano i minatori a regolar bene le spese per non trovarsi in penuria quando incontrano le parti meno produttive, ed a proseguire con perseveranza i lavori quando giungono alle parti più povere, con molta probabilità di ritrovare ancora più in basso lo stesso deposito, e di trovarlo abbastanza ricco da compensare tutte le spese degli scavi.

199. Conclusioni sulla ricerca dei minerali utili. — Da quanto abbiain detto intorno alla giacitura dei minerali utili deduciamo che per farne ricerca in un paese se ne deve sempre studiare dapprima accuratamente la struttura geologica, esaminando tutte le valli in cui si vedono alla superficie del suolo i varii terreni. Quando si tratta di materiali da costruzione, macine, pietre da arrotino od altri minerali analoghi, basta cercare i luoghi dove siano meglio atti agli usi cui devono servire, e da cui si possano più agevolmente trasportare ai luoghi di consumo.

In quanto alle miniere metallifere ed ai combustibili fossili, la loro ricerca diventa assai più difficile. È necessario trar profitto delle nozioni fornite da qualche scavo o da qualche miniera già esistente nel paese, o dagli affioramenti degli strati o dei filoni, e poi cercare approssimativamente, mediante lo studio delle stratificazioni, sotto quali luoghi e a quali profondità si estendano quegli strati o filoni, ed in allora non rimane a far altro che a ricercare sotterra, col mezzo di trivellazioni, se esistano realmente nei luoghi indicati, e se le circostanze in cui si trovano potranno renderne utile il lavoro.

Ma quando mancano gli indizii suddetti, non si può procedere alla ricerca di quei minerali se non coll'indagare se nel paese esistano i terreni in cui più spesso si trovano quei depositi ed i minerali che di solito li accompagnano. Queste ricerche possono essere talora facilitate dalla scoperta di pochi frammenti dei minerali desiderati entro le sabbie di qualche valle, giacchè bene spesso, risalendo quella valle in cui si sono trovati i primi frammenti, è probabile che se ne incontrino altri ancora che conducano in fine alla scoperta dell'affioramento dello strato o del filone. Trovato questo affioramento, rimane ancora a farsi il difficile studio della disposizione di que' depositi e della loro estensione e ricchezza, per poter decidere della convenienza di lavorarli.

Da tutto quel che s'è detto sugli accidenti delle varie giaciture dei minerali utili e sulla loro ricerca, si com-

prende il grave rischio a cui si espongono coloro che intraprendono estesi lavori per la loro estrazione senza farli precedere da sufficienti ricerche relative non solo all'esistenza e alla ricchezza dei depositi minerali, ma benanche alle spese necessarie per la loro estrazione e pel trasporto sino ai centri commerciali, ed ai capitali necessari all'impianto di tutto l'insieme.

ESTRAZIONE DEI MINERALI UTILI

200. Generalità. — Dopo che il geologo ha trovato tali strati o i filoni che si possano lavorare con profitto, comincia l'opera dell'ingegnere delle miniere, che dirige l'impianto generale dei lavori.

Si distinguono col nome di *cave* gli scavi dei materiali da costruzione (graniti, calcaree, gessi, argille, arenarie, ecc.), specialmente quando sono fatti a cielo aperto; con quello di *miniere* gli scavi sotterranei per i depositi metalliferi, di carbon fossile, lignite, salgemma, ecc.; e coi nomi di *torbiere*, *lavacri*, ecc., quelli in cui si estraggono le torbe, l'oro sparso nelle sabbie, ecc.

Le rocce di cui necessita lo scavo per l'estrazione dei minerali utili si distinguono a seconda della loro natura, in *rocce incoerenti*, che si lavorano colla zappa e colla pala, (terra vegetale, sabbie, ghiaie, ecc.); *rocce tenere*, che non danno scintille coll'acciarino, e si lavorano col mezzo di picconi, mazze, cunei e leve (carbon fossile, salgemma, argille, ardesie, calcaree poco tenaci, marmi, gessi, conglomerati alluvionali, ecc.); *rocce trattabili*, che non scintillano ma sono compatte e tenaci (marmi, serpentine, schisti metamorfici, ematite), oppure scintillano ma sono poco tenaci (arenarie e conglomerati silicei, calcarei siliciferi, rocce cristalline semi alterate), e richiedono, oltre ai picconi, alle mazze, agli scalpelli ed alle leve, anche le mine colla polvere; *rocce tenaci*, che scintillano e non si lavorano che coll'aiuto delle mine (ferro ossidulato, ematite, piriti, ferro arsenicale, rocce quarzose, amfiboliti, graniti, porfidi, ba-

salti); e *rocce ricalcitranti*, che non si possono lavorare cogli strumenti di ferro se non dopo l'abbrustolimento (*) (quarzo compatto, puro o in istato di matrice cogli altri minerali).

In ogni caso in cui si lavori una roccia col mezzo di scalpelli e di cunei, si trae partito dalle fessure naturali o da quelle prodotte dalle mine, oppure si scava un profondo solco nelle pareti, in modo d'avere un grosso masso attaccato alla roccia viva soltanto da un lato od al più da due lati, e che si distacca poi col mezzo di cunei o di robuste leve, ovvero, se i cunei e le leve non bastano, con altre mine.

(*) I picconi usati nello scavo delle miniere hanno ora ambedue l'estremità del ferro foggiate a punta, ed ora una a punta e l'altra piana su cui si batte colla mazza; e variano in dimensione e forma secondo la natura delle rocce.

Oltre agli scalpelli comuni, terminati con un tagliente od a punta molto ottusa, se ne adopera nelle miniere uno speciale, che è quasi un martello col manico di legno, ed avente il ferro con un'estremità foggiate a punta e l'altra piana, su cui si batte con una piccola mazza nello stesso modo che gli scultori battono col mazzuolo sugli scalpelli.

L'uso delle mine nelle miniere rimonta, secondo Burat, all'anno 1632. Per dare una mina si pratica dapprima, nella roccia da rompersi, e col mezzo di appositi scalpelli, un foro cilindrico, lungo da 25 a 50 centimetri, e talora anche un metro. Sul fondo di esso si mette la cartuccia di polvere da mine, e che contiene da 60 a 150 gramme di polvere per i lavori sotterranei, 500 od anche 1000 gramme per i lavori all'aria libera. Si riempie il restante del tubo con argilla o altro materiale che non scintilli coll'acciarino, lasciando nel centro uno stretto foro, col mezzo d'una bacchetta di ferro che in basso entra per poco nella cartuccia ed in alto sporge dal foro della mina. Levasi poi questa bacchetta e s'introduce nel vano lasciato da essa un po' di polvere, od una funicella atta a comunicare il fuoco alla cartuccia, e si procura la sua accensione col mezzo d'una miccia che arda abbastanza lentamente da lasciar tempo ai minatori di ritirarsi in luogo sicuro dopo averla accesa. Scoppiata la mina, gli operai rompono e levano tutto il materiale smosso dallo scoppio, prima di incominciare un secondo foro per una nuova mina.

L'abbrustolimento si fa coll'avvicinare alla roccia una cassa di ferro, in cui da una griglia escano le fiamme prodotte da una certa quantità di combustibili collocati nel suo interno. Riscaldando rapidamente le rocce e bagnandole subito dopo con acqua fredda, quasi tutte, anche le più tenaci, si riempiono di numerose fessure e divengono facili a lavorarsi cogli scalpelli.

201. Lavori a cielo aperto. — Questi lavori sono i meno costosi, e devono quindi esser preferiti per ogni deposito che sia poco distante dalla superficie del suolo, cioè sino a 16 o 20 metri di profondità. Si cavano a questo modo le rocce friabili, i minerali d'alluvione (sabbie aurifere, gemmifere, ecc.), i materiali da costruzione, i minerali di ferro appartenenti al terreno d'alluvione, le torbe e le ligniti superficiali.

In tal sorta di lavori si procede allo scavo a gradinate, lasciando le necessarie vie pel trasporto e dando uno scolo continuo alle acque piovane ed a quelle d'infiltrazione; si fa sempre in modo che i materiali di scarto siano collocati in sito da non impedire i lavori consecutivi, e si prendono molte altre precauzioni analoghe suggerite in ogni singolo caso anche dal solo buon senso.

Per le sabbie e altre rocce simili, i lavori sono facilitati dalla loro incoerenza, mentre quelli delle rocce consistenti si trovano spesso agevolati dalle divisioni naturali degli strati; giacchè, dopo che si siano fatti due tagli perpendicolari ad esse divisioni, in modo che il masso riesca attaccato alla roccia viva soltanto da un lato, basta praticare varii piccoli incavi lungo la linea secondo la quale si vuol distaccare il masso, introdurvi a colpi di mazza altrettanti cunei di legno ben secco, e bagnarli poscia perchè si gonfino con tal forza da staccare tutto il masso dal restante della roccia. Ove questo mezzo non basti, si scavano profondi solchi invece dei piccoli incavi, si stacca il masso col mezzo di leve robuste, o si ricorre ben anche alle mine.

Talvolta si cavano all'aperto anche il salgemma (come a Cardona in Ispagna), alcuni depositi metalliferi (come nell'Isola d'Elba, nella Svezia, ecc.) e il carbon fossile, ed allora si opera con essi come per i materiali da costruzione, cioè si cavano a gradinate.

La torba richiede metodi appositi di estrazione, che consistono in generale nel metterne a nudo gli strati, nel cavarla poi in prismi tagliati colla vanga, formando una serie

di fossati colle pareti a gradini, e lasciando fra essi altrettanti piccoli argini sui quali possano camminare gli operai che conducono via il materiale estratto. Se la torba è sott'acqua, si adoperano vanghe più grandi del solito, con una o due ali taglienti, in modo che facilmente possano staccare dallo strato un prisma di torba e sollevarlo fuori dell'acqua, per deporlo sui carri destinati al trasporto. Prima però di accingersi all'estrazione bisogna diminuire il più che sia possibile l'altezza dell'acqua col mezzo di fosse, pozzi assorbenti, pompe od altri mezzi consimili. Le cavità che risultano dallo scavo della torba si riempiono poi di sabbie o di altri materiali, o col condurvi qualche acqua che vi deponga fango, o con altri modi analoghi. I prismi di torba estratti devono esser messi ad asciugare all'aria prima di ammucciarli, ed anche allora si dispongono in modo da formare come una muraglia tutta traforata, sì che l'aria vi possa circolare e disseccarli completamente.

202. Lavori sotterranei preparatorii. — Quando sono necessarie opere sotterranee per mettere a lavoro un filone (tutto quello che qui diciamo dei filoni vale anche per gli strati), s'incominciano col praticare alcuni pozzi e alcune gallerie che raggiungano in varii luoghi il filone, e col costruire tutti gli opificii inservienti alla miniera in tali luoghi che non possano mai impedire i lavori sotterranei e riescano nella posizione più favorevole per gli usi cui sono destinati.

Si preferisce di stabilire le comunicazioni principali tra l'esterno e il filone col mezzo di gallerie orizzontali quando, partendo dal fondo della valle e dirigendosi orizzontalmente nell'interno della montagna, vengono ad incontrare il filone in tal posizione che molta parte di esso riesca superiore alle gallerie; e da queste si dirigono poi all'insù e all'ingiù varii pozzi che incontrino in parecchi luoghi il filone e servano nello stesso tempo alla ventilazione della miniera. Quando si prevedesse che le gallerie non raggiungerebbero il filone nelle condizioni suaccennate, si mette in comunicazione il filone coll'esterno mediante

varii pozzi verticali, dai quali si diramino a varie altezze parecchie gallerie orizzontali che incontrino il filone in luoghi differenti.

Un tempo le prime gallerie e i primi pozzi di comunicazione si costruivano sempre inclinati e contenuti nell'interno del filone stesso, affinchè lo scavo riuscisse produttivo sin dal principio; ma siffatte costruzioni presentano poi, col progredire dei lavori, molti inconvenienti, quali per esempio la troppa loro irregolarità e il difficile servizio, sì che ormai non si usano che in via eccezionale, nei luoghi ove le miniere sieno poco produttive.

Costrutte le prime vie di comunicazione ampie e regolari, si praticano nuove gallerie parallele ed a varie altezze, ed altri pozzi nello spessore del filone stesso, in modo da suddividerlo in parecchi scompartimenti rettangolari ed allo scopo di cominciare i lavori d'estrazione in molti luoghi in uno stesso tempo. Queste gallerie secondarie, dette di *allungamento*, si scavano anch'esse orizzontali ed a seconda della direzione del filone; ma i pozzi, dovendo esser contenuti nel filone stesso, sono nella maggior parte dei casi inclinati, e quando il filone ha una debole inclinazione si rimpiazzano con altrettante gallerie inclinate, perpendicolari alle prime e dirette quindi nel verso dell'inclinazione del filone.

Compiti in tal modo i lavori preparatorii, si procede a quelli di estrazione, che variano assai a seconda della potenza e dell'inclinazione degli strati o dei filoni da lavorarsi, e della natura delle rocce e del minerale.

203. Estrazione delle miniere metallifere. — Quando i filoni di miniera metallifera hanno una potenza minore di 3 metri e l'inclinazione varia fra 45° e la verticale, si procede allo scavo di ogni scompartimento in modo da formare una serie di gradini, perpendicolari alle pareti del filone, sopra ognuno dei quali sta un minatore, guardando nel verso della direzione del filone stesso e lavorando sulla roccia e sul minerale che ha davanti a sè in modo da avanzare in quella direzione, rimanendo sempre sul proprio

gradino, di cui va continuamente aumentando l'estensione orizzontale. Lavorando nello stesso tempo molti minatori su tutti i gradini, la gradinata che essi formano va sempre avanzando regolarmente, mentre cresce di continuo lo spazio vuoto alle loro spalle, in modo che, quando la gradinata, partendo da una galleria di allungamento, giunge all'altra galleria parallela e superiore, tutto il compartimento rettangolare del filone compreso fra quelle due gallerie d'allungamento si troverebbe ridotto in uno spazio vuoto qualora tutto il materiale fosse esportato. Ma nella maggior parte dei casi si esporta per la via delle gallerie d'allungamento e delle gallerie e dei pozzi di comunicazione soltanto la miniera separata dalla matrice, e questa si accumula sopra molte soffitte sostenute da puntelli e da travi che vanno dal tetto al muro del filone e sono in numero eguale a quello dei gradini su cui lavorano i minatori; sì che alla fine tutto quel compartimento del filone trovasi invece diviso come in tanti corridoi paralleli ed orizzontali, formati dalle soffitte e riempiti dai materiali di scarto.

Quando le gradinate si costruiscono nel modo ora descritto, lo scavo parte da una galleria di allungamento e si va estendendo al di sotto di essa, e i minatori stanno in piedi sui gradini, lavorano sulle materie che hanno davanti a sè, e gettano la matrice e i materiali da scarto all'indietro sopra le soffitte, che vanno allungando mano mano che avanzano nello scavo, questo metodo dicesi a *gradinate diritte*. In altri casi si segue quello delle *gradinate rovesciate*, cioè lo scavo si comincia al di sopra di una galleria d'allungamento e si continua fin che s'incontra la galleria d'allungamento superiore, i minatori stanno sopra soffitte provvisorie, che si costruiscono mano mano che il lavoro va progredendo, distaccano la miniera e la matrice dai gradini che hanno al di sopra e davanti a sè, e gettano il materiale sterile in basso, ove si accumula in grande quantità, sorretto dalla solida soffitta della galleria di allungamento inferiore.

Quando il filone ha la potenza minore di 3 metri, ma l'inclinazione fra 45° e l'orizzontale, si segue, a seconda delle circostanze, l'uno o l'altro dei tre metodi principali che ora descriveremo. Il primo è ancora quello delle *gradinate rovesciate*, colla differenza che i gradini non sono più diretti perpendicolarmente alle pareti del filone, ma sono ad esse paralleli, e i minatori non stanno più sui materiali sterili o sulle soffitte provvisorie, ma camminano sul muro del filone, e raccolgono i materiali sterili sopra soffitte che vanno costruendo mano mano che il lavoro progredisce. Nel secondo metodo, che dicesi *a grandi tagli* (*par grandes tailles*) ed è in uso ove la roccia non sia molto tenace, parecchi operai, disposti in una sola linea parallela alla galleria di allungamento, scavano il filone che hanno avanti a sè tutto in una volta e senza dividerlo a gradini, e gettano i materiali di scarto all'indietro sopra soffitte che si vanno successivamente costruendo. Il terzo metodo, detto *a gallerie e pilastri* (*par galeries et piliers*), consiste nello scavare il filone in modo da praticarvi molte gallerie parallele, lasciando fra loro tanto materiale intatto che possa sostenere il tetto, e nell'attraversarlo in appresso con altre gallerie parallele fra loro e perpendicolari alle prime, sì che il materiale lasciato intatto venga a formare un certo numero di grossi pilastri. Con quest'ultimo metodo si lascia pochissimo materiale produttivo nelle gallerie e si procura che i pilastri riescano nei luoghi ove il filone è meno ricco di miniera metallifera. In alcuni casi si usa levare anche i pilastri, surrogandovi altrettanti mucchi di materiali inutili introdotti dall'esterno; ma questo metodo, chiamato dai Francesi *dépilage*, è assai pericoloso per le rovine a cui facilmente dà luogo, e non si pratica se non quando la miniera che forma i pilastri sia assai ricca.

Quando il filone ha una potenza maggiore di 3 metri, non è più possibile costruire facilmente le soffitte dal tetto al muro, e bisogna valersi in loro vece dello stesso materiale del filone o di costruzioni particolari. Se le rocce sono con-

sistenti e non facili a franare, si può seguire il metodo dei lavori trasversali, o quello a gallerie e pilastri. Nel metodo a lavori trasversali (*par ouvrages en travers*), che si segue là dove il filone contiene molto materiale sterile, si pratica dapprima una galleria d'allungamento orizzontale e lungo il muro del filone, e se ne fanno poi partire tante gallerie ad essa perpendicolari, dirette quindi verso il tetto del filone e separate fra loro dal materiale lasciato intatto a formare come altrettante grosse muraglie. Queste gallerie trasversali si lavorano a gradinate a rovescio, e i minatori, mano mano che avanzano, gettano dietro di sè il materiale sterile, in modo che, quando le gallerie hanno raggiunto il tetto, sono tutte riempite di detto materiale. Allora si cominciano a scavar le pareti lasciate dapprima intatte, e si progredisce fra le gallerie trasversali sinchè tutto il materiale che sta a fianco della galleria d'allungamento sia esaminato. Compinto lo scavo di quel tratto di filone, i minatori salgono a lavorare nel medesimo modo un secondo tratto di filone sovrapposto al primo, gettando ancora la miniera raccolta nella prima galleria di allungamento, che serve per condurla al di fuori; passano poi ad un terzo piano orizzontale e così via via, sin che giungono alla superficie del suolo, e tutto il filone rimane pieno soltanto di materiale sterile. Il metodo a gallerie e pilastri si usa anche pei filoni o strati potenti quando i materiali sterili sieno poco abbondanti, ma in questi casi viene un po' modificato; cioè le gallerie non si conducono parallele al muro del filone, ma sibbene orizzontali, lavorando il filone a piani sovrapposti, come nel metodo precedente, lasciando fra l'uno e l'altro piano uno strato di materiale a far l'ufficio di soffitta, e facendo in modo che i pilastri d'ogni piano sieno sovrapposti a quelli del piano che gli sta sotto.

Quando le rocce che formano un filone di molta potenza sono incoerenti o facili a franare, si usano alcuni metodi particolari. In uno di essi, che dicesi a *scoscendimento* (*par éboulement*), partendo da una galleria d'allungamento pra-

ticata nella roccia consistente che forma il muro del filone, si conducono verso il tetto molte gallerie trasversali, ben rinforzate da rivestimenti di legno e separate da altrettanti tramezzi di materiale intatto; i minatori, giunti che siano al tetto, retrocedono verso il muro, levando a poco a poco il rivestimento delle gallerie, in modo che abbiano a franare i materiali incoerenti che formano il filone, e ne vanno scegliendo a mano a mano la miniera. Questo metodo, quantunque pericoloso, ha il vantaggio di costar poco, ma rende facile la filtrazione delle acque ed obbliga spesso a fare la scelta del materiale fuori della miniera, e quindi ad estrarlo tutto, il buono insieme col cattivo. Più costoso ma con minori inconvenienti è il metodo *a riempimento* (*par remblais*), col quale si lavora dapprima un tratto del filone come in quello a lavori trasversali o in un modo analogo, e dopo averne scelto il materiale utile, si riempie immediatamente sia coi materiali poveri e sterili, sia con materiali introdotti a quest'uopo dall'esterno: si passa poi a lavorare nello stesso modo un secondo strato superiore al primo, poi un terzo e così via, sinchè tutto il filone si trova riempito, dal primo tratto sino alla superficie del suolo, di puro materiale sterile.

Esempi interessanti di tutti questi metodi si vedono nelle principali miniere d'Europa. Si lavorano a gradinate gli schisti ramiferi di Mansfeld, a grandi tagli la calcarea argillosa con galena di Tarnowitz nella Slesia, a gallerie e pilastri gli strati ferriferi quasi da per tutto, le ardesie a Fumay nelle Ardenne, il peperino presso Napoli, le calcaree e i gessi delle catacombe parigine, ecc., a lavori trasversali il filone argentifero di Schemnitz in Ungheria, a riempimento gli strati incoerenti con galena di Bleiberg, ecc.

204. Minerale di carbon fossile e di salgemma. — Il bisogno di cavare il carbon fossile in masse voluminose e non in frantumi molto minuti, ed altre circostanze fra i metodi suddescritti rendono preferibili per la sua estrazione quelli a gradinate, a gallerie e pilastri, a grandi tagli ed a riempimento, facendovi alcune variazioni secondo i luo-

ghi e le circostanze, che però non alterano l'andamento generale dei lavori.

Il salgemma si scava col metodo a gallerie e pilastri quand'è solido, abbastanza puro ed in ammassi considerevoli, come a Wieliczka; ma quando, come nel Salisburghese, è misto ad argille ed altre sostanze eterogenee, si ricorre alla dissoluzione. Questo metodo consiste nello scavare alcune gallerie nei luoghi più ricchi di sale, nel ridurle in laghi sotterranei col mezzo di dighe e radunandovi le acque d'infiltrazione, e nell'estrarne quest'acqua quando ha disciolta una sufficiente quantità di sale, allo scopo di evaporarla e concentrarla per raccogliere il sale da essa disciolto. Oltre ai soliti scavi (pozzi, gallerie, ecc.), è quindi necessario costruire, quando si vuol seguir questo metodo, un serbatoio superiore d'acqua per alimentare i laghi sotterranei, ed un altro inferiore nel quale si conducano, col mezzo di canali o di pompe apposite, le acque che hanno già disciolto il sale, e da cui si possano poi queste estrarre per sottoporle alle successive operazioni.

205. Rivestimento delle miniere. — Quando i lavori sotterranei sono fatti entro rocce consistenti e capaci di resistere alla decomposizione e all'azione delle acque, gli scavi si sostengono facilmente da sè stessi, nè v'è bisogno di rivestirli di legnami o di murature, come nel caso che le rocce sieno invece incoerenti o cedano facilmente all'azione distruttiva del peso, dell'aria e dell'acqua.

Nelle miniere è di rado possibile calcolare lo sforzo cui devono resistere i rivestimenti delle gallerie e dei pozzi, e la pratica è di solito la sola guida in siffatte costruzioni.

I migliori legni pei rivestimenti dei lavori sotterranei sono quelli giovani e di quercia, o di alberi resinosi; si adoperano per lo più i tronchi degli alberi, interi e privati interamente della corteccia, e in generale devono essere brevi, col minor numero possibile di tagli, e si dispongono in modo che riescano ben innestati gli uni negli altri, caricati egualmente in ogni loro parte, e non soggetti ad alternative d'umido e secco; e finalmente, quando

sia necessario adoperare i tronchi tagliati pel loro lungo, cioè semi-cilindrici, si collocano in modo da presentare alle rocce la parte piana.

Il rivestimento in legno delle gallerie consta, quando sia completo, di un tronco collocato trasversalmente sul suolo a guisa di soglia e di due altri che sostengono le pareti, fanno le veci di stipiti e sono mantenuti in posto da un quarto collocato alla vòlta, che serve da architrave ed impedisce che si ravvicinino. Tra questi tronchi e le rocce si dispone uno strato di altri tronchi, per lo più tagliati pel lungo e disposti parallelamente alla direzione della galleria, e che sostengono la spinta delle sue pareti e della vòlta. Secondo la solidità delle rocce, si tralasciano spesso gli uni o gli altri, e spesso non si arma che la vòlta; quando poi la spinta è eccessiva, si aggiungono altri tronchi, che servano di puntelli orizzontali, verticali o inclinati, e rinforzano il telaio solito testè descritto.

Quando le rocce son consistenti, i minatori possono mettere i puntelli e il rivestimento dopo aver fatto lo scavo per un tratto d'uno o due metri e con tutta facilità; ma nelle rocce incoerenti o facili a franare bisogna far precedere allo scavo il rivestimento, in modo che quando il minatore comincia a lavorare, venga difeso da esso contro ogni scoscendimento. Dopo aver costruito un robusto telaio al principio della galleria da farsi, si cacciano a colpi di mazza, fra esso telaio e le rocce che dovranno formare le pareti, molte grosse e lunghe tavole contigue e così disposte che vengano a formare tutte insieme un completo rivestimento alla futura galleria, il quale vada allargandosi nella direzione dello scavo da farsi. I minatori, protetti da quel primo rivestimento, cominciano allora ad estrarre il materiale per aprire la galleria, e mano mano che progrediscono, la spinta delle terre agisce contro quel rivestimento e tende a restringerne il vano; ma prima che ciò avvenga i minatori si affrettano di collocare un secondo telaio robusto poco più avanti del primo, che impedisca ogni ulteriore cedimento nelle tavole del rivestimento, e cacciano innanzi, fra

questo secondo telaio e il primo rivestimento, un secondo rivestimento di grosse tavole simile al primo. Difesi così dalla spinta delle terre, progrediscono ancora un poco nello scavo, sinchè diviene necessario un terzo telaio a prolungare ancora il rivestimento di tavole; e per tal modo continuano nella formazione della galleria, sempre preparando anticipatamente il rivestimento allo scavo che stanno per fare.

Le soffitte e le altre opere in legno provvisorie per i lavori d'estrazione si costruiscono con minor cura, sempre però abbastanza solidi da sostenere il peso dei materiali che vi si sovrappongono o la spinta delle terre.

Il rivestimento in legno dei pozzi è analogo a quello delle gallerie, ma le dimensioni ne sono assai più variabili: i più piccoli, che di solito si fanno quadrati, hanno 1^m60 per lato; e quelli più grandi si fanno rettangolari e con 1^m30 di larghezza e 2, 3 o 4 metri di lunghezza, e si dividono in varii scompartimenti: si dà loro la forma ottagonale o decagonale quando esigono diametri di 3 a 4 metri.

L'orifizio dei pozzi si fa quasi sempre un po' più alto del suolo; e in ogni luogo ove un pozzo incontra una galleria, si pratica una grande camera destinata a raccogliere e caricare i materiali; all'estremità inferiore poi, i pozzi si approfondano per un certo tratto sotto alle ultime gallerie, specialmente per ricevere le acque che affluiscono da tutte le parti della miniera.

Per rattenere le acque sono spesso necessari alcuni rivestimenti speciali. Così, per esempio, se nello scavare un pozzo s'incontra uno strato per cui filtri l'acqua come nelle sorgenti comuni, si usa armare il più prontamente si possa quel tratto di pozzo con un rivestimento di grosse e robuste tavole, le quali, combinandosi perfettamente come le doghe d'un tino, chiudano l'accesso all'acqua, poi si riempie il vano fra il rivestimento e la roccia con un cemento idraulico ed altre sostanze che impediscano affatto ogni filtrazione. Siffatte operazioni riescono in generale difficilissime, giacchè al minimo sconcerto che avvenza nelle trombe

destinate a estrarre l'acqua, questa ascende rapidamente nel pozzo, guastando i lavori già fatti, mettendo in grave pericolo la vita degli operai, e spesso invadendo tutto il pozzo in modo da renderlo affatto inservibile.

Finalmente si costruiscono in legno anche le tramezze che servono a chiudere le gallerie, allo scopo di arrestare una irruzione d'acqua, di dividere le gallerie ben ventilate da altre infestate di gas mefitici o tonanti, o per qualche altro motivo analogo.

Invece dei rivestimenti in legno si usano di frequente quelli in muratura, che si costruiscono come quelli dei tunnel e delle gallerie per le strade ferrate. Con volte a botte, analoghe a quelle per le gallerie, si sostengono talora anche i materiali, che nei casi ordinarii si accumulano sopra le soffitte di legno; ed i pozzi si fanno per lo più cilindrici e si murano cominciando dal basso quando la roccia è consistente, oppure cominciando dall'alto, a varie successive riprese e sostenendo i tronchi di muratura già fatti con telai di legno e con forti mensole provvisorie, quando i terreni non possano sostenersi da sè senza rivestimento.

206. Illuminazione e ventilazione delle miniere. — Un semplicissimo serbatoio d'olio appeso ad un uncino, un lucignolo ed un ago per governarlo formano, si può dire, tutto l'apparecchio che basta quasi sempre al minatore ne'suoi lavori sotterranei; ma in alcuni casi, ed in ispecie nelle miniere di carbon fossile, in cui si sviluppa il gas idrogeno carbonato, che, misto all'aria, forma un gas tonante, quella lampada non può più essere adoperata senza grave pericolo (*). Allo scopo di diminuire il più possibil-

(*) Gli effetti chimici della detonazione del gas idrogeno carbonato misto all'aria delle miniere sono la produzione diretta di vapore d'acqua e d'acido carbonico e l'isolamento dell'azoto; gli effetti fisici consistono in una dilatazione violenta del gas e dell'aria ambiente, seguita da una istantanea contrazione. Gli operai che si trovano al luogo dell'esplosione sono arsi e il fuoco si può comunicare anche ai legni e al carbon fossile; il vento prodotto dalla dilatazione è tale che a distanze considerevoli gli operai vengono atterrati e gittati contro le pareti degli scavi; i muri e i rivestimenti in legno sono scossi e rotti, e danno origine a numerosi sco-

mente questi pericoli si usò per molto tempo di lasciare che il gas si raccogliesse in certe parti della miniera, e di mandare di tempo in tempo un minatore scelto a sorte ad appiccarvi il fuoco con una torcia accesa all'estremità d'una lunga pertica; ma ben di rado quel minatore rimaneva salvo e quasi mai l'accensione del gas riusciva senza gravi danni per la miniera. Si pensò in appresso di mantenere sempre accese alcune lampade per ardere il gas mano mano che si produceva; ma si cadde nell'altro inconveniente d'una soverchia produzione d'acido carbonico e d'aria viziata. Si tentò ben anche di cacciare il gas con una buona ventilazione, ma non trovandosi bastevole neppur questo mezzo per rendere sicura la vita dei minatori, si dovette pensare a modificare il modo d'illuminazione a fine di rendere impossibile l'accensione del gas tonante, giacchè si trovò insufficiente la precauzione usata dai minatori di stare attenti alle lampade, e di spegnerle e ritirarsi subito, appena si accorgevano che la fiamma, facendosi azzurrognola all'estremità, indicava che l'aria cominciava a contenere un po' di quel gas. Si provarono quindi alcune miscele fosforescenti, si provò la luce prodotta dalle scintille mandate da una ruota d'acciaio mossa rapidamente contro un pezzo di arenaria silicea; ma tutti questi tentativi non migliorarono la sorte dei minatori, sinchè l'inglese Davy costruì la sua *lampada di sicurezza*, dopo aver trovato che una lamina me-

scendimenti; e questi effetti possono propagarsi fino agli orificii dei pozzi, dai quali furono talora proiettati molti frammenti di legno e di rocce, insieme con una densa nube di carbon fossile in polvere. A questi disastri si aggiunge poi che considerevoli quantità di acido carbonico e d'azoto, prodotte dalla combustione del gas, rimangono nella miniera dopo l'esplosione e possono far perire d'asfissia quelli che scamparono dall'azione immediata dell'esplosione: le correnti d'aria, arrestate da questa perturbazione, sono tanto più difficili a ristabilirsi perchè le porte che servivano a regolarle sono distrutte e sconnesse, i fuochi sono spenti e spesso sono guastate anche le macchine stabilite all'apertura dei pozzi per determinare le correnti, in modo che diviene impossibile ristabilire la ventilazione e portare pronto soccorso alle parti più profonde dei lavori. Si vede quindi tutta la necessità di togliere, per quanto è possibile, ogni causa che possa dar origine a siffatte esplosioni.

tallica a fori piccolissimi, la quale avvolga la fiamma d'una lampada immersa nel gas tonante, impedisce l'accensione del gas che la circonda, anche quando l'interno fosse tutto occupato dallo stesso gas infiammato.

La prima lampada di Davy è una lampada ordinaria ad olio circondata da un cilindro di tela metallica che presenta 144 aperture rettangolari per ogni centimetro quadrato di superficie, ed è rivestito di un'armatura metallica atta a difenderlo dagli urti e terminata da un uncino per appendere la lampada (fig. 64). Un semplice congegno particolare

serve a regolare il lucignolo senza estrarre la fiamma dalla tela metallica. Quando questa lampada si porti in un luogo ove si sviluppa il gas tonante, la fiamma a poco a poco ingrandisce, poi tutta l'aria nell'interno si accende ed alla fine si spegne: i minatori devono ritirarsi prima che la lampada si spenga, perchè la tela metallica può in alcuni casi riscaldarsi di tanto da dar origine all'esplosione dell'aria della miniera. Il capo minatore ha poi nella sua

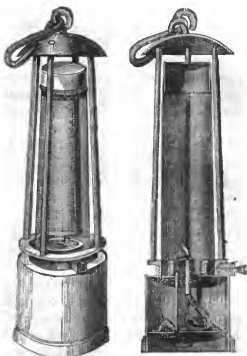


Fig. 64. — Lampada di Davy.

lampada un filo di platino avvolto a spira e collocato nella fiamma, il quale, spenta che sia la lampada, continua a dare una luce debole che basta a guidare la ritirata dei minatori; ritornando in un'atmosfera ricca d'ossigeno, il

platino fa riaccendere il gas nel cilindro e per conseguenza anche la fiamma ad olio.

A questa prima lampada si fecero in appresso alcune modificazioni: si aggiunsero nuove tele metalliche od un cilindro di lamina metallica a minutissimi buchi; si levò un pezzo del cilindro di tela metallica, sostituendovene uno di vetro ben saldo, ecc.; e si giunse così a liberare i minatori dal pericolo di accendere le miscele tonanti, ad avvertirli in tempo perchè fuggano quando il gas idrogeno carbonato diventa sì copioso che non basterebbero tutte le precauzioni ad impedirne l'accensione, e si poté nello stesso tempo procurar loro una luce abbastanza chiara e quasi eguale a quella delle lampade ordinarie senza le reti metalliche. Per altro affinchè queste lampade di Davy, perfezionate e chiamate in generale *lampade di sicurezza*, possano guarentire i minatori contro ogni disastro prodotto dall'accensione del gas tonante, è necessario che sieno tenute con grande pulizia, difese dalle correnti d'aria troppo forti e tenute lontane dalle fessure da cui escono di frequente i getti di gas idrogeno carbonato.

Oltre a questo gas, concorrono a viziare l'aria delle miniere anche l'azoto e l'acido carbonico, che si fanno sempre più abbondanti per effetto della combustione e della respirazione, e i gas prodotti dalle mine: a liberare le miniere da questi gas servono varii sistemi di ventilazione.

La ventilazione può avvenire spontaneamente, per mezzo delle gallerie e dei pozzi, in conseguenza delle correnti d'aria prodotte dalle differenti temperature nei diversi luoghi, dalla diversa esposizione degli orificii dei varii pozzi e delle gallerie ai raggi del sole, dalla loro varia altezza (fig. 65), dai venti, che si possono far entrare da un pozzo ed uscire da un altro mediante appositi camini ad apertura girevole, ecc. Ma in molti casi la ventilazione spontanea non basta, e bisogna aiutarla o supplirla con mezzi artificiali. A tale scopo può spesso bastare un fuoco acceso in un ca-

mino che comunichi con tutte le parti della miniera (fig. 66), e si può trar partito dal fuoco delle macchine a vapore che

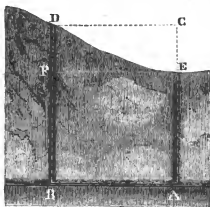


Fig. 65 (*).

agiscono presso le aperture dei pozzi. In altri casi può servire invece un getto di vapore ad aspirare con forza l'aria da un pozzo e quindi a produrre la ventilazione. In altri ancora si adoperano grandi ventilatori a forza centrifuga, grandi pompe aspiranti e prementi, od altre macchine più o meno ingegnose, che possono va-

(*) Rappresenti la figura 65 una miniera la quale comunichi coll'esterno mediante due pozzi verticali. Perchè l'aria vi stia ferma bisognerebbe che le colonne d'aria A C e B D avessero esattamente lo stesso peso; e siccome il peso dell'aria dipende dalla sua densità e quindi dalla sua temperatura, bisognerebbe che la temperatura fosse sempre eguale in ambedue le dette colonne d'aria. Ma ciò non può avvenire quando i due pozzi non abbiano i loro orificii allo stesso livello, a motivo delle variazioni annuali nella temperatura dell'atmosfera. Se infatti si rammenta che la temperatura dell'interno della terra, ad una piccola profondità sotto al livello del suolo, rimane costante in tutto l'anno ed è inferiore a quella dell'atmosfera in estate e superiore invece nell'inverno, si comprende come le porzioni A E e B F delle due colonne d'aria porteranno avere la stessa temperatura e lo stesso peso in ogni stagione, e la colonna d'aria C E sarà in estate più calda e quindi più leggera, ed in inverno più fredda e più pesante della colonna D F. In estate riuscirà quindi più pesante la colonna B D, e l'aria produrrà una corrente continua entrando nel pozzo a sinistra ed uscendo da quello a destra, ed in inverno sarà invece più pesante la colonna A C e si produrrà una corrente in direzione contraria.

È in questo modo specialmente che avviene la ventilazione spontanea delle miniere; ma in molti casi essa, per alcune circostanze speciali, non può aver luogo o non è sufficiente, e devesi ricorrere ai mezzi artificiali. Tra questi uno dei più comuni è quello in cui si fa uso dei fuochi accesi in appositi camini. Tutte le parti della miniera si fanno comunicare con due pozzi, in uno dei quali si colloca un camino che, producendo una corrente continua ed ascendente d'aria calda, aspiri tutta l'aria conte-

riare di forma e costruzione secondo i varii luoghi in cui devono operare (*).

La ventilazione d'una miniera è argomento assai complicato, giacchè si deve tener calcolo della quantità d'aria

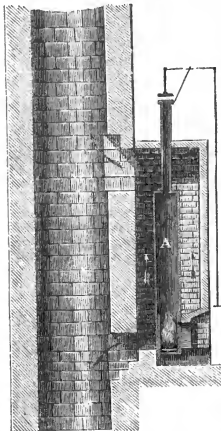


Fig. 66.

che si vuol muovere, della velocità necessaria, della strada che deve percorrere, del diametro dei canali, che devono condurla, del modo di far comunicare fra loro le parti d'una miniera sì che tutte riescano ventilate, e più quelle in cui più attive sono le cause che alterano l'aria. Oltre al caso ordinario, bisogna poi pensare anche al modo di render possibile il chiudere immediatamente ogni parte della miniera allorchè vi si sviluppi una soverchia quantità di gas che minacci invadere le altre; a quello di accrescere in un momento la ventilazione in tutta la miniera nel caso in cui si abbia a soccorrere qualche mi-

nuta nella miniera, mentre una quantità corrispondente d'aria fresca vi penetra dall'esterno per l'altro pozzo. Di solito si alimenta il camino coll'aria stessa della miniera; ma quando può esser mista al gas tonante, si usa il metodo rappresentato nella figura 66, si alimenta cioè il camino (A) coll'aria esterna, e quella della miniera si riscalda pel solo contatto colle pareti di ferro del camino stesso.

(*) Una delle più semplici macchine aspiranti adoperate nelle miniere è quella rappresentata dalla figura 67. Esso consta di due campane cilin-

natore asfissiato. È finalmente necessario aver pronte sufficienti quantità d'ammoniaca e d'acqua di calce, coll'aiuto delle quali i minatori, percorrendo la via stessa tenuta dall'aria che entra nella miniera, possano recar soccorso agli asfissiat dall'acido carbonico, e devesi avere il mezzo di chiudere immediatamente tutte le aperture della miniera

driche A A', sospese alle due estremità d'un bilanciere C C', e che sono alternativamente sollevate ed abbassate, senza però uscire completamente dall'acqua di due serbatol in cui sono immerse. Ai di sotto d'esse vengono ad aprirsi due tubi D D', comunicanti col condotto E che va alla miniera da cui si vuole aspirar l'aria. Tanto le campane quanto i tubi sono

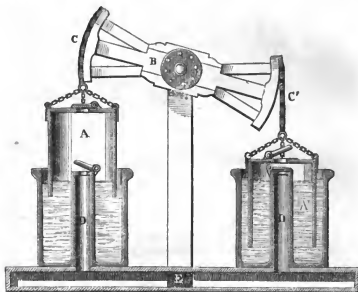


Fig. 67.

pol muniti di valvole così disposte che quando una campana, per esempio la A, si innalza, la sua valvola si chiude, si apre quella del tubo D che giunge sotto di essa, e l'aria passa dal condotto E pel tubo D nell'interno della campana; mentre l'altra campana A' si abbassa, si apre la sua valvola e nello stesso tempo si chiude quella del tubo corrispondente, e l'aria, che dapprima vi era racchiusa, ne viene espulsa. Continuando il moto alternativo del bilanciere e delle campane, sempre nuova aria viene aspirata dal condotto E ed espulsa dalle campane nell'atmosfera, come farebbero due trombe aspiranti comuni.

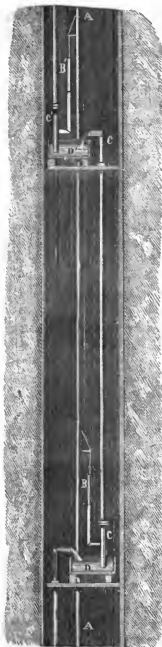


Fig. 68.

qualora si manifesti un incendio nel carbon fossile, affinché si spenga da sè in conseguenza della rapida produzione del gas acido carbonico.

207. Prosciugamento delle miniere. — Per liberare le miniere dalle acque delle filtrazioni sotterranee si preferisce di costruire alcune gallerie poco inclinate, che conducono l'acqua dalla miniera sin alla superficie del suolo, al fondo di qualche valle, e che bene spesso possono anche servire per la ventilazione. Ma in molti casi esse non bastano, e divengono poi affatto impossibili là dove le miniere sono inferiori al livello delle valli circostanti; in questo caso si ricorre ad altri mezzi, cioè si estrae l'acqua raccolta al fondo dei pozzi mediate secchi o botti, ma più comunemente si adoperano varie pompe grandiose, aspiranti od aspiranti e prementi (fig. 68^{*)}). Quando le pompe sono aspiranti, la più profonda, che raccoglie l'acqua dal fondo d'un pozzo, la solleva sin quasi a 10 metri d'altezza e la

(*) Tutti i gambi degli stantuffi B, B', ecc., sono fissi ad un tirante continuo verticale A A che va dal fondo del pozzo sino alla macchina motrice collocata presso al suo orificio. La pompa B raccoglie l'acqua dal serbatoio laterale D e la innalza sino al serbatoio D', ove vien assorbita dalla pompa B', e così via.

versa in un serbatoio laterale; una seconda pompa la innalza ad un secondo serbatoio collocato 10 metri più in alto del primo; una terza la conduce a un terzo serbatoio, e così via sino alla superficie del suolo o sino ad una galleria da scolo. Quando le pompe sono aspiranti e premententi, la distanza fra due prossimi serbatoi può variare da 30 a 100 metri, ed in qualche luogo giunge ben anche sino a 200, 300 e più metri. Tutte le pompe che agiscono in un pozzo si mettono in moto insieme, fissando il gambo dello stantuffo di ciascuna ad un solo tirante assai forte, che riceve il movimento alternativo d'ascesa e discesa da una macchina motrice e lo trasmette a tutte le pompe.

Come macchine motrici servono in molti casi delle grandi ruote idrauliche, mosse da qualche caduta d'acqua; ma più spesso sono macchine a vapore fisse. In alcuni luoghi però si adoperano certe macchine idrauliche speciali, che si chiamano *a colonna d'acqua* ed hanno molta analogia, pel loro insieme, colle macchine a vapore, ma in cui, invece del vapore, agisce l'acqua pel suo proprio peso, ed ecco in che modo. Col mezzo di congegni particolari si procura che una certa quantità d'acqua, proveniente dall'esterno e premuta da una colonna d'acqua sovrastante, vada a sollevare uno stantuffo entro un cilindro, e che, quando lo stantuffo è al punto più alto della sua corsa, l'acqua cessi di arrivarvi per di sotto e invece trovi aperta un'uscita e se ne vada per una galleria da scolo: uscendo l'acqua, lo stantuffo si abbassa pel proprio peso e per quello degli attrezzi cui è attaccato; e quand'è giunto al punto più basso del cilindro, torna ad aprirsi l'adito all'acqua, questa entra e lo solleva di nuovo, e così via via. Il moto alternativo di ascesa e discesa dello stantuffo, mosso in tal modo dall'acqua viene trasmesso immediatamente alle spranghe che muovono le pompe dei pozzi. In altre macchine di questo genere si fa arrivare l'acqua ora al di sotto ed ora al di sopra dello stantuffo, nello stesso modo che il vapore si fa agire ora da una parte ed ora dall'altra

dello stantuffo nelle macchine che si chiamano a doppio effetto.

208. Condotta ed esportazione dei materiali. — Dopo che i materiali utili, raccolti negli scavi, furono accumulati nelle gallerie di allungamento, devono essere condotti e radunati nelle gallerie principali, e poi estratti dalla miniera per la via dei pozzi. Nelle miniere più irregolari il materiale vien portato in gran parte entro sacchi sulle spalle di uomini, che percorrono le tortuose e fangose gallerie, tenendo con una mano il sacco sulle spalle e portando coll'altra un bastone e la lampada. Un metodo un po' men barbaro è quello del trasporto col mezzo di carriuole, condotte a mano; e si segue specialmente quando il suolo si può rendere regolare col mezzo di tavole di legno, ma non può adottarsi che per le gallerie orizzontali o pochissimo inclinate. Fino all'inclinazione di 12° o 16° possono servire anche varie specie di botti o di casse munite inferiormente di lamine di ferro affinché siano più scorrevoli, e che si fanno tirare da uomini o da cavalli; ma il metodo più conveniente è in ogni caso quello dei carrettini a quattro ruote. A fine di condurre facilmente questi carrettini per le gallerie ed anche all'oscuro, alcuni hanno una spranga di ferro discendente che scorre entro un solco nel suolo della galleria, ed altri sono muniti di ruote analoghe a quelle dei vagoni delle strade ferrate e scorrono sopra rotaie di ferro: per condurli facilmente nelle gallerie tortuose ed a curve molto risentite se ne resero le ruote indipendenti le une dalle altre. In alcuni luoghi, invece dei carrettini a quattro sponde in cui si mette il materiale, se ne adoperano altri che mancano di sponde, e sovr'essi si conduce il materiale entro le stesse botti che si estrarono colle funi dai pozzi. Finalmente v'hanno poche miniere in cui non si usa alcuna specie di carrettini, e il minerale si conduce entro una botte appesa ad una spranga di ferro, la quale, ripiegandosi ad angolo retto, forma poi l'asse d'una ruota, che scorre sopra una sola rotaia sospesa a mezz'aria lungo la linea mediana della galleria.

Il materiale condotto coll' uno o coll'altro di questi metodi nelle camere con cui le gallerie principali sboccano nei pozzi si estrae da questi col mezzo di botti di varia forma, appese a funi avvolte ad un verricello, in tal modo che mentre ascende la botte appesa ad un'estremità della fune, l'altra, appesa all'altra estremità, discende. Le funi si fanno ora rotonde ed ora piatte, e talora vi si sostituiscono delle catene di ferro; e i verricelli, a cui essi si avvolgono, sono mossi da uomini nelle miniere di poca attività, da cavalli o da macchine idrauliche od a vapore in quelle più attive. Del resto anche questa parte dei lavori delle miniere subisce molte variazioni in quanto ai modi di trasmettere la forza, di regolare il moto delle botti, di far ascendere e discendere le botti nei pozzi inclinati col mezzo di carrucole e di apposite guide, di fermare facilmente il movimento del verricello quando è salita una botte e di cangiarlo quand'essa deve discendere ancora nel pozzo, ecc., tutte cose che a descriverle partitamente saremmo tratti ben oltre i limiti che ci siamo prefissi.

In tal modo abbiamo tentato di dare un'idea generale dei lavori delle miniere, dei quali può presentare qualche esempio anche la nostra Italia (*). A compiere questi pochi

(*) Così, per esempio, in Lombardia trovansi esempi numerosi di estrazioni a cielo aperto nelle cave di argilla per far mattoni, tegole, ecc., di ghiaie pel mantenimento delle strade, e di molte pietre da costruzione e d'ornamento, quali sono le molere di Viganò, Sarnico, Viggiù, ecc., le puddinghe che si cavano a Montorfano e Sirono per farne macine, i ceppi gentili e grossolani lungo il Lambro, l'Adda, in Val Brembana, ecc., i marmi di Saltrio ed Arzo, la pietra calcarea di Moltrasio (detta dai Lombardi *moltrasina*), il gesso del lago di Lecco, di Limonta e Nobiallo, il marmo nero di Varenna, il marmo saccaroide e cipollino di Mùsso ed Olgiasca, il granito dei monti dell'estremità settentrionale del lago di Como, le torbe della Brianza, di Colico, d'Angera, ecc. Degne d'essere menzionate sono poi le miniere di lignite di Lefte in Val Seriana, nelle quali si discende attraverso i depositi diluviali col mezzo di pozzi murati; gli strati del combustibile si lavorano con accette e pale, essendo molto facile a tagliarsi in parallelepipedi, come l'argilla che lo contiene; si aprono le gallerie di scavo negli stessi strati del combustibile come nel modo a gallerie e pilastri, e si estrae tanto il materiale raccolto quanto

cenni ci rimarrebbe a dire della direzione generale di que' lavori e del modo di rappresentarli sulla carta; ma per trattare di questi argomenti bisognerebbe aver accennati ben maggiori particolari di quelli che abbiamo dati, e discorrere di cose che appartengono puramente alla scienza dell'ingegnere. Per siffatti motivi non ci occuperemo di essi, e porremo fine a questi brevi cenni, che abbiamo estratti specialmente dalle principali opere dell'ingegnere Burat (*Géologie appliquée, Théorie des gites métallifères, ecc.*).

l'acqua col mezzo di botti sollevate da un verricello mosso da uomini che camminano in un gran tamburo ad esso congiunto. Tra le miniere metallifere non abbondano che quelle di ferro, e sono di rado aperte nelle rocce cristalline, come quella di ferro carbonato e rame piritoso a Dongo sul lago di Como; ma per lo più trovansi nell'arenaria rossa permiana, negli schisti argillosi ad essa collegati o nella calcarea permiana presso al suo contatto coll'arenaria rossa, come quelle di ferro carbonato od idrato nelle valli del Bergamasco, del Bresciano, della Val Sassina, della Val di Varrone ed a Gaeta sul lago di Como. I loro cunicoli sono irregolari e disposti in modo da perecorrere le parti più ricche e produttive dei filoni. Una miniera di galena argentifera che si lavorava dapprima a Viconago in Val Gana è ora affatto abbandonata, come pure furono sospesi i lavori intrapresi a Besano presso Varese per estrarre una calcarea assai bituminosa, della quale si voleva trar partito per l'illuminazione.

Al di là dei confini lombardi trovansi esempi di lavori sotterranei più estesi e grandiosi, quali sono, per esempio, le miniere d'oro della Val Anzasca. Sotto al letto dell'Anza, presso le falde del Monte Rosa, si diramano le gallerie e gli altri scavi sotterranei coi quali si lavorano numerosi filoni di pirite aurifera. Ci sembra che in quei lavori si segua il metodo delle gradinate a rovescio; il minerale si estrae con botti sollevate da verricelli mossi da uomini, e l'acqua si cava col mezzo di pompe messe in movimento da grandi ruote idrauliche, le quali danno moto anche ai numerosi mastelli in cui si mette la pirite polverizzata mista a mercurio, per cavarne l'oro col metodo dell'amalgamazione.

APPENDICE ALLA GEOGENIA

209. Incandescenza primitiva del globo. — La primitiva incandescenza di tutto il globo terrestre, od almeno della sua parte più superficiale, provata (come abbiamo mostrato in breve al paragrafo 172) dalla stessa sua forma, dall'aumento della temperatura sotterranea, dai fenomeni vulcanici, dalla densità della terra, dalle proprietà fisiche e chimiche delle rocce più abbondanti, è ormai ammessa da tutti i geologi come un fatto vero, e non rimane oggidì qualche incertezza fuorchè sulla sua origine e sulle conseguenze che se ne possono dedurre per la storia del mondo.

In quanto all'origine, abbiamo già esposte nella parte teorica di questo libro tre fra le principali opinioni che furono emesse dai moderni e sembrano avere le maggiori apparenze di probabilità. Una di esse (paragr. 172 e 179) ammette che il globo siasi trovato in origine allo stato vaporoso, poi tutto liquido, ed ora sia composto d'un nucleo fuso e d'una crosta solida. La seconda (paragr. 180) vuole che tutte le sostanze che ora formano il globo siano state in origine sparse nello spazio allo stato elementare e incoerente, e che la terra consti attualmente di un nucleo metallico, d'una crosta solida e d'uno strato incandescente, composto di rocce fuse ed in via di formazione, collocato fra il nucleo e la crosta. Secondo la terza (paragr. 178) il globo sarebbe stato in origine tutto incandescente, e presenterebbe in oggi una crosta solida ed un'infinità d'immense spranghe cristalline attraverso il suo interno, i cui interstizii sarebbero forse occupati ancora da una porzione del primitivo liquido terrestre. A quelle ipotesi ne

va aggiunta una quarta, secondo la quale lo spazio non avrebbe da per tutto la stessa temperatura, ma vi sarebbero alcune regioni freddissime ed altre invece caldissime: la fusione primitiva del globo sarebbe dovuta all'essersi trovato in origine, insieme con tutto il nostro sistema solare, in una di quelle regioni caldissime, ad una temperatura di mille e più gradi, e avrebbe cominciato a raffreddarsi dopo essere entrato nella regione freddissima in cui ora si trova. In questa supposizione si può ancora credere che il globo si sia fuso tutto, e risulti al presente composto d'un nucleo liquido e d'una crosta solida, oppure che si sia fuso soltanto alla superficie, ed in oggi sia formato d'un nucleo solido e freddo, d'unno strato di rocce incandescenti e d'una crosta solida superficiale.

Non è forse ancora possibile decidere quale tra queste ipotesi sia la più prossima al vero, ma le prove già accennate della incandescenza primitiva e la facilità colla quale essa spiega i fenomeni vulcanici, i terremoti e l'origine delle montagne, costringono quasi a ritenere come vera la teoria che ammette l'incandescenza primitiva della parte superficiale della terra e l'esistenza di una quantità di rocce allo stato di fusione al di sotto della crosta solida che forma in oggi la superficie del globo. Questa teoria viene quindi ammessa generalmente dai geologi, quantunque ne traggano conseguenze assai diverse e talora contrarie; sì che alcuni, per esempio, vogliono che le montagne siano state prodotte dalla diminuzione del volume delle rocce fuse interne, ed altri invece dal loro aumento. I futuri progressi delle scienze fisiche decideranno chi di loro abbia ragione, ed intanto giova il sapere che tutti vanno d'accordo nell'ammettere la necessità d'un lunghissimo periodo di tempo durante il quale il globo passò dal suo stato primitivo, vaporoso o elementare, allo stato liquido, si solidificò alla superficie e si raffreddò al punto da potersi deporre le acque a formare i primi sedimenti.

210. Distribuzione dei fossili nei terreni. — Fondandosi sopra le osservazioni fatte nei paesi meglio esplorati, i pa-

leontologi ammettono alcune leggi ben determinate (*), le quali, a parer loro, regolano la distribuzione di tutti i fossili nei terreni sedimentarii, e tutte conducono alla conclu-

(*) Queste leggi generali sulla distribuzione dei fossili nei terreni, dedotte dai fatti osservati in Europa e confermate da quelli che si andarono poi raccogliendo in tutte le altre parti della terra, sono le seguenti:

1.^a *Le specie di animali ebbero tutte una durata limitata.* Le ammoniti, le belemniti, le trilobiti, i pterodattili, i plesiosauri, ecc., appartengono a tipi che ora non si trovano più viventi in alcuna parte del mondo; e lo stesso è a dirsi di tutte o quasi tutte le specie contenute allo stato fossile nei terreni. Di più, molte specie non si trovano che nei terreni più recenti, come i mammiferi, i rettili e gli uccelli; molte altre non si trovano invece che nei più antichi, come le trilobiti; altre in fine non hanno vissuto che nelle epoche intermedie e mancano nelle più recenti e nelle più antiche. Di circa mille e cinquecento generi fossili, dice un distinto paleontologo, sedici soltanto si trovano in tutti i terreni.

2.^a *Le specie contemporanee d'una stessa località o di località vicine sono in generale comparse e scomparse insieme:* dal che risulta che ogni terreno ha una fauna distinta, e ben di rado si trovano delle faune intermedie o di transizione fra due terreni diversi. Quasi sempre ogni terreno è compreso fra due altri che hanno faune affatto distinte dalla sua, e senza alcun passaggio da una fauna all'altra; sì che sembra ormai certo che alla fine d'ogni epoca le specie allora viventi perirono tutte o quasi tutte insieme, e furono rimpiazzate da altre che si trovano fossili nei depositi dell'epoca seguente. Questa legge ha pochissime eccezioni, e il trovarsi qualche specie in due o tre terreni successivi si può spiegare tanto facilmente da non potersi considerare come un fatto contrario alla legge generale. Infatti si può ammettere che quelle specie più robuste abbiano resistito più delle altre alle cause distruttrici e seguitato per ciò a vivere per due o tre epoche consecutive; oppure che siano perite anch'esse e le loro spoglie, galleggiando per la loro leggerezza o in qualche altro modo, non siano state tutte sepolte insieme colle altre, ma siano rimaste libere per qualche tempo, a fine d'essere involte dai sedimenti d'epoca posteriore; od anche che le cause distruttrici possono aver agito in alcuni luoghi con minor forza e aver permesso a quelle specie di durare per parecchie epoche; o finalmente che esse siano state distrutte e sepolte insieme colle altre, ma le acque abbiano in appresso smossi quei depositi e sparsi i loro fossili insieme con quelli delle epoche posteriori.

3.^a *Le differenze che v'hanno tra le faune perdute e gli animali viventi sono tanto più grandi quanto più antiche sono le faune.* Così, per esempio, i fossili terziarii si avvicinano agli animali viventi molto più di quelli dei terreni secondarii e paleozoici. Questa legge però vale soltanto per la generalità delle specie e presenta molte eccezioni.

4.^a *Gli animali delle faune più recenti presentano forme più svariate che quelli delle faune più antiche.* Anche questa legge non deve in-

sione generale che ogni terreno ha una fauna speciale, e che quindi si succedettero alla superficie del globo altrettante faune distinte e indipendenti quanti sono i terreni tendere applicata che all' insieme delle specie, e presenta molte eccezioni.

5.^a *Gli animali più perfetti ebbero un' origine relativamente recente.* È una legge vera per i mammiferi, gli uccelli e i rettili, che sono comparsi molto tempo dopo le altre classi d'animali, e più ancora per l'uomo; ma non devesi intendere come assoluta e per tutte le specie, non devesi credere, cioè, che tutte le specie sieno tanto più perfette quanto più sono recenti, il che sarebbe del tutto falso, giacchè sin negli strati più antichi trovansi le tracce di quasi ogni classe di animali.

6.^a *L'ordine di apparizione dei diversi tipi d'animali richiama spesso le fasi del loro sviluppo embrionale.* Alcuni fossili, come i pesci più antichi, i crinoidi, ecc.; hanno alcuni caratteri che nell'epoca attuale non si trovano in generale nella stessa classe d'animali che nella loro vita embrionale. Anche questa legge non dev'essere intesa per tutte le faune, ma vale per alcuni pochi tipi soltanto.

7.^a *Ogni tipo zoologico, dal primo momento della sua apparizione, non offre mai alcuna interruzione sino alla sua totale estinzione:* trovasi, cioè, in tutte le epoche comprese fra quella della sua apparizione e l'altra in cui fu spento.

8.^a *Il confronto delle faune delle diverse epoche mostra che la temperatura ha variato alla superficie della terra,* e che in generale in tutte le epoche geologiche il suolo ebbe sempre un clima analogo a quello dell'attuale zona torrida, essendo però avvenuta talvolta qualche variazione in meno.

9.^a *Le specie che hanno vissuto nelle epoche antiche ebbero una distribuzione geografica più estesa di quelle che vivono al presente, forse in conseguenza dell'uniformità dei climi per regioni molto più estese.*

10.^a *Gli animali furono tutti costruiti sullo stesso piano dei viventi e vissero tutti nelle stesse condizioni fisiologiche:* cioè sin dal principio vi ebbero animali acquatici e terrestri, animali con trachee, con polmoni e branchie, e d'allora in poi la composizione dell'aria e la natura delle acque non hanno mai subita alcuna variazione.

In quanto all'uomo fossile, le osservazioni dei paleontologi trovarono che l'uomo non comparve in Europa prima del sollevamento delle Alpi principali, e probabilmente avvennero alcune emigrazioni nell'epoca tra quel sollevamento e quello del Tevere, sì che quegli uomini poterono quindi vedere gli orsi delle caverne, gli elefanti e il resto di quella popolazione estinta, ed alcuni di essi rimasero ben anche vittima delle stesse inondazioni che distrussero quegli animali. Tutte le osservazioni concorrono però a provare che l'uomo non si stabilì definitivamente in Europa se non dopo la grande inondazione che depose le ghiaie e le sabbie nelle caverne e sulle pianure di questo continente.

(paragr. 123 e 175) (*). A combattere quest'opinione e spiegare in altri modi la distribuzione dei fossili nei terreni vennero in campo altre ipotesi, delle quali due sole sono le più importanti.

Una di queste ammette che le successive faune non siano che altrettante trasformazioni d'una sola fauna primitiva, prodotte dalle variazioni nei climi, nello stato meteorico, nella conformazione e in tutte le altre circostanze fisiche della superficie del globo. I rettili dell'epoca secondaria sarebbero derivati, secondo essa, dai pesci dell'epoca prima-

(*) Questa teoria fu detta delle *creazioni successive*, perchè si ammise che ad ognuno dei cataclismi che si succedettero alla superficie del globo sia avvenuta la morte e la sepoltura di tutte le specie che vissero nell'epoca precedente, ed altre ne siano state create, affinchè popolassero tutta la terra nell'epoca susseguente; e perciò si ammise una serie di successive creazioni di faune affatto indipendenti le une delle altre e che si succedettero alla superficie del globo nello stesso ordine dei terreni che le contengono. • A proposito di questa teoria, dice il chiarissimo paleontologo Pictet, dobbiamo fare tre osservazioni. La prima, che la sua discussione non è del dominio della nostra scienza; giacchè mentre noi possiamo farci un'idea del modo d'agire, dei limiti e delle conseguenze delle leggi secondarie, non possiamo invece render conto a noi stessi dell'azione del potere creatore, nè al principio di ogni periodo geologico, nè all'origine delle cose. La seconda, che questa teoria, attesa l'incapacità in cui siamo di dare una spiegazione de'fatti col mezzo di essa, per ciò che non possiamo valutare il modo d'agire della forza ch'essa invoca, non merita realmente questo nome, giacchè non fa altro che provare un fatto negativo l'insufficienza di tutte le altre spiegazioni. Infine, e come una conseguenza di ciò che abbiain detto, osserviamo che l'espressione di *creazioni successive* ha l'inconveniente di esser troppo ristretta e di escludere, per esempio, la possibilità che gli esseri di ciascuna fauna successiva provengano da quelli che li hanno preceduti, per effetto di qualche legge ignota, diversa dalla generazione normale e della quale le generazioni alternative possono dare forse un'idea approssimativa; la qual legge della natura si manifesterebbe ad intervalli lontani, ma regolari, e ci sarebbe ignota per ciò appunto che noi ci troviamo in uno di questi intervalli. Sarebbe stato meglio chiamarla con altro nome, e l'espressione *teoria dell'indipendenza delle faune* sarebbe forse stata migliore, appunto perchè più indeterminata. Ma se questa teoria non è suscettibile d'esser discussa nella sua propria essenza e nel suo principio, può esser per altro valutata nelle sue conseguenze; e la principale sì è il fatto negativo e importante che *gli animali delle diverse faune geologiche non provengono per via di generazione diretta dalle specie che li hanno preceduti.* •

ria, e dalla loro trasformazione avrebbero avuto origine i mammiferi dell'epoca terziaria ed anche l'uomo. Questa ipotesi, che ebbe origine da imperfette cognizioni fisiologiche e dalla credenza al perfezionamento graduato degli animali dalle epoche più antiche sino all'attuale, non va d'accordo con alcun fatto che sia ben accertato. Egli è bensì possibile infatti che una volta i climi fossero differenti, le acque trasportassero maggior copia di materiali, ecc.; ma lo studio degli organismi più antichi prova che vissero in circostanze affatto analoghe alle attuali, e che per conseguenza le espressioni di *natura più giovane, forze più attive*, ecc., non sono altro che i rappresentanti di idee false o mal definite. E d'altra parte numerose osservazioni provano che dai tempi storici sino ad ora le specie hanno sempre conservato i loro caratteri distintivi più importanti, e non si sono mai così modificate da assumere i caratteri di specie differenti, e che anche le modificazioni prodotte accidentalmente dalla coltura, dalle variazioni di clima, ecc., tendono a scomparire appena cessano le cause modificanti, sì che le specie ritornano sempre ai loro tipi primitivi. L'ipotesi della *trasformazione delle specie* si trovò quindi appoggiata sopra erronee cognizioni geologiche e fisiologiche, priva di ogni argomento favorevole e fu quasi generalmente abbandonata.

L'altra ipotesi considera le diverse faune dei differenti terreni e delle varie epoche come altrettante faune geografiche distinte, che cangiarono di luogo per le variazioni avvenute nei climi, nella conformazione geografica e nelle altre circostanze della superficie del globo. I terreni paleozoici, dicono i partigiani di questa ipotesi, sono estesi da per tutto, e quasi ovunque contengono fossili marini, e gli altri terreni contengono fossili fluviatili e terrestri tanto più abbondanti quanto più sono recenti. D'altra parte siamo ben lungi dal conoscere tutte le specie viventi negli abissi del mare, e non conosciamo bene la struttura geologica che dell'Europa e di poche altre regioni del globo, ed è affatto impossibile saper quella delle vastissime regioni ora coperte dall'acqua: non potrebbe dun-

que darsi che nelle parti ancora inesplorate del mare esistessero ancora viventi molte delle specie che comunemente si credono perdute, e che negli strati di alcune parti dell'Asia, dell'Africa, o del fondo dell'Oceano pacifico, del mare delle Indie e dell'Atlantico si trovassero allo stato fossile e sepolti nei terreni più antichi gli avanzi di animali che in Europa s'incontrano fossili nei terreni moderni, o sono viventi?

Sinchè non sarà possibile rispondere a queste domande, proseguono essi, si potrà credere che in origine tutto il mondo sia stato coperto dalle acque, che i primi continenti emersi si sieno raggruppati presso all'equatore, che i primi continenti attuali si siano formati a poco a poco per l'emersione di numerose isole, pel loro successivo ingrandimento e per lo sprofondamento di quasi tutti i continenti primitivi sotto le acque dell'Oceano, e che gli animali, creati tutti in una sola volta, abbiano mutato molte volte la loro distribuzione geografica, in modo che in un dato luogo avrebbero lasciato successivamente i loro avanzi le faune arrivate l'una dopo l'altra da altre regioni (*).

(*) La Lombardia può servire d'esempio del vario stato del paese nelle diverse epoche geologiche. Essa rimase coperta dalle acque dell'Oceano per tutto il tempo che durarono le epoche paleozoica, secondaria e terziaria. Durante l'epoca paleozoica e triasica era un mare assai profondo, perchè abitato specialmente dai brachiopodi e dagli echinodermi, che frequentano i luoghi profondi od almeno inferiori ai movimenti delle maree. Durante l'epoca giurese cominciarono alcuni sollevamenti a formare le Alpi, in modo che quel mare riesci un golfo, nei sedimenti del quale si poterono seppellire gli avanzi delle conchiglie galleggianti (ammoniti, nautili, ecc.), che si trovano sì copiose quasi da per tutto, mentre pochi luoghi (Arzo, Saltrio, ecc., intorno a Mendrisio) rimasero più profondi e popolati ancora da terebratule, encrinuri, ecc. Maggiori alterazioni avvennero al principio dell'epoca cretacea: in molti luoghi si raccolsero ancora gli animali galleggianti (cefalopodi, rettili, ecc.), mentre in altri si radunarono le bivalvi abitatrici delle coste, ed in altri ancora si formarono i depositi di ghiaie e di puddinghe insieme col rudisti (ippuriti, ecc.) trasportati da altri paesi dalle correnti marine. Nell'epoca terziaria, dopo il sollevamento del Monte Viso, del Pirenei e di gran parte degli Appennini, il nostro golfo si trovò ancora più modificato, e soffrì altre successive modificazioni dai sollevamenti dei sistemi della Corsica e delle Alpi occidentali: le arenarie

In tal modo, mentre i successivi cataclismi avrebbero a poco a poco data la forma attuale all'Europa ed agli altri continenti, le varie faune geografiche distribuite in origine alla superficie del globo avrebbero sempre mutato di luogo, ed alcune si sarebbero distrutte affatto per la mancanza di alimento e di circostanze propizie alla loro emigrazione: i mammiferi, collocati dapprima tutti nei continenti equatoriali, sarebbero passati poco per volta ad abitare le terre che continuavano ad emergere sempre più estese dalle acque nelle zone temperate e fredde, approfittando della varia forma che ebbero i continenti prima che i cataclismi terrestri distaccassero le isole dell'Arcipelago indiano e dell'Oceania e l'America dall'Asia, l'Africa dall'Europa, ecc.; e il genere umano sarebbe stato l'ultimo a diffondersi sui continenti attuali delle zone temperate e fredde, insieme coi quadrupedi domestici che il Creatore sin dal principio gli diè per compagnia e sussidio. Secondo questa ipotesi, i terreni che in due regioni lontane, per esempio in Europa ed in Africa, contengono gli stessi fossili non sarebbero più, generalmente parlando, contemporanei, come credono comunemente i geologi, ma avrebbero avuto probabilmente origine in due epoche differenti, e l'eguaglianza dei fossili proverebbe soltanto che i paesi d'Europa, per esempio, presentarono in una cert'epoca tali circostanze da potervi arrivare e dimorare gli animali che vissero dapprima in quelli dell'Africa o di altre regioni (*).

e le breccie, come le teredini, le fucoidi, le ligniti ed alcune conchiglie d'acqua dolce, accennano luoghi vicini alle coste e talora fors'anche lacustri: le foraminifere (nummulli, ecc.) indicano regioni profonde sino a cento e più metri ed agitate dalle correnti; i ricchissimi depositi di conchiglie nelle sabbie e nelle marne subapennine cogli avanzi di cetacei sono indizii di luoghi vicini alle spiagge, ed i depositi coi pesci del Bolca sembrano formati in un golfo tranquillo. Finalmente il sollevamento delle Alpi principali venne a innalzare tutto quel fondo di mare ed a ridurlo allo stato attuale col mezzo delle immense correnti acquose che vi deposero il terreno di trasporto ed i massi erratici.

(*) Questa ipotesi, che ammette l'esistenza di antichi continenti equatoriali ora scomparsi e l'origine dei continenti attuali da una quantità di sparse isole, spiegherebbe, senza ricorrere ad un avanzo del calore che produsse

Anche questa ipotesi conta un piccol numero di fautori, sì che quasi tutti i geologi e paleontologici stanno per la prima, ed ammettono una vera indipendenza tra le faune successive che apparvero alla superficie del globo: ma la quistione è ben lungi dall'essere completamente decisa, e soltanto i futuri progressi della Geologia pratica potranno rischiarare questo intricato argomento.

211. Antichità del mondo. — La quistione sull'antichità del mondo non diede origine a minori controversie fra i geologi. Molti di essi in fatti, fondandosi sulla lentezza con cui si formano i sedimenti marini e fluviali, e sulla grande potenza di tutto l'insieme delle rocce sedimentarie che costituiscono la corteccia del globo, dissero che dal principio dell'epoca cambrica sino ad ora passarono molte e molte migliaia d'anni; nel mentre che altri, fondandosi su altri dati analoghi e pretendendo trovare in errore i primi, sostennero che i sedimenti attuali non si formano sì lentamente com'essi credono, che nelle epoche geologiche le cause distruttive e riproduttive erano molto più forti d'oggi, che i depositi di carbon fossile non si formarono al modo delle torbe attuali ma come gl'immensi ammassi di sostanze vegetali trasportate ai laghi ed al mare dai fiumi più potenti dell'America, che nelle eruzioni vulcaniche escono quantità variabilissime di materie, e talora di un volume eguale a quello delle più elevate catene montuose, e finalmente che tutti i terreni sedimentarii poterono formarsi in un tempo assai breve, durante il corso, per esempio, di soli due mila anni. Qualunque di questi risultati però si voglia ammettere, e quando si accetti come vera l'originaria incandescenza della superficie della

l'originaria incandescenza del globo, l'elevata temperatura dell'Europa indicata dai fossili di tutti i terreni, giacché un distinto geologo ha trovato che se tutta la terraferma d'oggi si radunasse, senza mutare di superficie, nella zona torrida, tutta la superficie del globo acquisterebbe una temperatura analoga a quella dei paesi tropicali; e se al contrario si radunassero attorno ai poli, la superficie del globo si raffredderebbe oltremodo, al punto da gelare tutti i mari, dai poli sino alla latitudine di 45.°

terra bisogna ancora ammettere un lunghissimo periodo di tempo fra la creazione del globo e il momento in cui la sua temperatura fu diminuita di tanto da aver principio la formazione dei terreni sedimentarii.

212. Geogenia della Bibbia. — Se ora rivolgiamo il nostro esame alla narrazione che la Genesi ci presenta della origine di tutte le cose, troviamo che le varie teorie geologiche vanno diversamente d'accordo con essa.

Qualora si ammetta che i *giorni* di Mosè siano da considerarsi come *epoche indeterminate*, e tutto il racconto come un cenno generale e che lasci libero il campo alle investigazioni scientifiche, è possibile trovarlo d'accordo colla teoria dell'incandescenza primitiva del globo, della grande antichità del mondo, delle faune successive indipendenti e dell'ordine con cui comparvero gli animali alla superficie del globo, prima gli acquatici, poi i terrestri e per ultimo l'uomo. Ma coloro che vogliono trovare nel racconto biblico un'esposizione esatta, scientifica e completa della creazione, sostengono che le sole teorie geologiche vere sono quelle che ammettono l'emigrazione delle faune, la formazione di tutti i terreni sedimentari in due mila anni soltanto; che il globo non fu in origine incandescente, ma venne creato con una superficie solida e già formata di rocce cristalline, e con uno strato di rocce fuse al di sotto di essa, destinato a produrre i successivi cataclismi, i vulcani, ecc., e chè Mosè non ha senza motivi ripetuto ogni volta le parole *dalla sera alla mattina* (*et fuit vespere et mane dies...*), ma le ha aggiunte allo scopo di definire esattamente il senso della parola ebraica che fu tradotta per *giorno*, e perchè non si potesse quindi darle altra interpretazione fuorchè quella appunto di un giorno di ventiquattr'ore. Essi credono quindi che il globo sia stato creato tutto in sei giorni, e che nei due mila anni fra la creazione e il diluvio si siano formati tutti i sedimenti e tutte le catene montuose, abbiano emigrato da un luogo all'altro le faune geologiche, e sia scomparsa a poco a poco quasi tutta la massa dei continenti equatoriali ove Dio collocò dapprima l'uomo e gli animali dome-

stici (*jumenta*), che si sparsero in appresso, dopo il diluvio, per tutti i continenti attuali.

Finalmente vi sono alcuni che, ammettendo tutti i sedimenti prodotti in soli due mila anni, la creazione degli animali in pochi giorni, accettano tuttavia l'incandescenza primitiva del globo ed un periodo lunghissimo di tempo pel suo raffreddamento. Essi interpretano quindi le prime parole della Genesi nel modo seguente: *In principio creò Dio il cielo e la terra* (tutta la materia allo stato vaporoso ed elementare), *e la terra fu per lungo tempo informe, vuota e circondata di tenebre e di acqua allo stato aeriforme*; quand' essa fu ridotta allo stato conveniente, Dio proseguì l'opera sua *e nel primo giorno creò la luce e la separò dalle tenebre*. Ammettendo in questo modo un'epoca indeterminata tra *il principio* della creazione e *il primo* dei sei giorni nei quali essa fu compita, tentarono essi di trovare più conforme la scienza colle espressioni letterali della Bibbia che coll'interpretare i suoi giorni come altrettante epoche indeterminate, come abbiamo fatto noi nella parte teorica di questo libro.

Crediamo impresa difficilissima e fors'anche impossibile coi mezzi sinora offerti dalla scienza qualunque tentativo che si voglia fare per decidere quali delle diverse interpretazioni qui accennate debba ritenersi come la vera: ci accontentiamo pertanto di averne data brevemente un'idea generale, e di rammentare che i progressi delle scienze resero i loro risultati sempre più conformi col racconto oltremodo compendioso che Mosè ci ha tramandato sulla creazione (*) perchè si veda come vi sia motivo a sperare

(*) Mosè pone come dogma fondamentale della sua religione la creazione del tutto dal nulla, e i progressi della scienza vennero scupper più provando che tutto il mondo non può aver avuto origine da sè, ma devesser stato creato da un Ente eterno, onnipotente e sapientissimo. La distinzione che fa Mosè tra la luce ed il sole venne provata soltanto col mezzo delle più belle scoperte che fece in questi ultimi tempi la fisica. Già nella Genesi troviamo distinto il firmamento con una parola che significa qualche cosa di espanso od uno spazio occupato da fluidi espansi, mentre fu soltanto nei tempi moderni che cominciò a perdersi l'opi-

che un giorno verrà tolta anche quella piccola discordanza che si può trovare ancora fra i risultati della scienza e il primo capitolo della Genesi, e che alcuni adoperano come argomento contro la verità della Geologia ed altri invece contro l'origine divina di quella porzione del racconto mosaico.

nione della volta solida del cielo e delle sfere cristalline disposte attorno alla terra e contenenti tutti gli astri. L'ordine dato alle acque di ritirarsi in un sol luogo ed alle terre di emergere asciugate corrisponde ai cataclismi di cui la Geologia ha trovate le tracce sulla terra ed al mare immenso che coprse quasi tutto il globo nell'epoca cambrica. Nelle parole *juxta genus suum, in genere suo, secundum speciem suam*, ecc., si trova adombrata l'esistenza delle specie distinte nei regni organici. Le frasi *herbam virentem et facientem semen, lignum faciens fructum, omnem animam viventem atque motabilem*, ecc., vanno d'accordo coi caratteri con cui i naturalisti distinguono gli animali che vivono, si riproducono, sentono e si muovono, dal vegetali che vivono e si riproducono ma sono privi di sensibilità e di movimenti volontari. La distinzione degli animali domesticabili da tutti gli altri che non sono tali trovasi nella parola *jumenta*, con cui Mosè distinse alcuni tra gli animali creati nell'ultimo giorno. Egli annunzia in oltre che gli animali vennero in generale sparsi su tutto il globo (*la terra produca, ecc., le acque producano, ecc.*); ma osserva poi che Dio mostrò ad Adamo tutti gli animali domestici nel paradiso terrestre, che comprendeva una parte dell'Asia meridionale, e d'altra parte le scienze provano che tutte le nazioni europee e gli animali domestici ebbero la loro culla in quel continente. L'origine di tutti gli uomini da uno solo, e quindi l'unità della specie umana, forma uno dei principali argomenti del dogma della creazione, e le ricerche delle scienze sono giunte a trovar falsa ogni opinione che non ammetta tutte le varietà del genere umano come appartenenti ad una sola specie. Finalmente la Genesi e la scienza sostengono egualmente che l'uomo è la creatura più perfetta, fatta ad immagine di Dio e destinata a regnare su tutta la terra.

INDICE ALFABETICO

Di tutte le rocce citate in questo volume trovasi la descrizione in quello della MINERALOGIA.

A

- Acheo (sistema), [496](#).
 Acqua: sua temperatura, [339](#); — azione distruttiva, [365](#). — Acque correnti, [377](#). — Laghi, [380](#). — Mari, [381](#). — Azione produttiva, [382](#).
 Acquee (rocce), [425](#).
 Acteonelle, [461](#).
 Affioramento, [349](#), [620](#).
 Africa: stato geologico, [586](#).
 Agassiz: sul ghiacciai, [376](#). — Sul trasporto dei massi erratici, [613](#).
 Alberese, [454](#), [567](#).
 Albiano (piano), [432](#), [459](#).
 Alluviali (terreni), [431](#), [433](#), [435](#).
 Alluvioni glaciali, [373](#); — vulcaniche, [419](#).
 Alpi: inclinazione dei due versanti, [343](#). — Ghiacciai, [367](#). — Struttura geologica, [507](#) e segg.
 Alpi apuane, [567](#).
 Alpi occidentali (sistema), [497](#), [501](#), [584](#).
 Alpi principali (sistema), [498](#), [501](#), [584](#).
 Altipiani, [342](#), [344](#); — loro origine, [605](#).
 America: stato geologico, [586](#).
 Amiti, [457](#).
 Ammassi, [689](#).
 Ammoniti, [456](#), [464](#).
 Ampère, [660](#).
 Ancilocere, [457](#).
 Ande (sistema), [500](#).
 Angelot: teoria dei vulcani, [593](#).
 Animali: loro distribuzione nei sedimenti attuali, [387](#), [390](#), [391](#). — Rocce da essi prodotte, [392](#). — Loro successione nelle epoche geologiche, [484](#), [726](#). — Distruzione delle faune successive, [607](#), [726](#).
 Antichità del mondo, [733](#).
 Apennini: stato geologico, [571](#) e segg.
 Aptiano (piano), [432](#), [459](#).
 Aptichi, [468](#).
 Arca antiquata, [445](#).
 Ardesia bianca e nera, [557](#).
 Arenaria di Königstein, [460](#).
 Arenaria verde superiore ed inferiore, [458](#); — pecillana o variegata, [473](#); — dei Vosgi, V. Grès; — rossa permiana, [477](#); — nuova arenaria rossa, inferiore e superiore, ed antica arenaria rossa, [477](#), [481](#); — arenaria del carbon fossile, [479](#).
 Arene aurifere, [438](#).
 Argille alluvionali, [438](#); di Weald, [458](#); — di Kimmeridge, [465](#); — d'Oxford, [465](#).

Argolico (sistema), 497.
Asche, 477.
 Asia: stato geologico, 586.
 Asse vulcanico del Mediterraneo (sistema), 498, 501.
 Atmosfera: sua azione continua, 363.
 Attuale (terreno), 433.
Avicula pectiniformis, 530.
 Avvallamenti per l'azione dell'acqua, 366; — di vulcani, 410.
 Azoici (terreni), 483.

B

Baculiti, 457.
 Balociano (piano), 466, 432.
 Balsamo-Crivelli: sua opinione sul ferro idrato di palude, 383; — sulle torbiere, 393; — sul biancone del Veneto e la majolica di Lombardia, 512; — sullo stato geologico della Lombardia, 513 e segg.
Ballons (cupole), 343; — loro origine, 601.
 Banchi, 348.
 — — di polipai, 392.
 Bardiglio, 514.
 Batoniano (piano), 465, 432.
 Beaumont (E. de): sui vulcani d'Italia, 405; — Sistemi di montagne e loro relazioni, 486. — Rete pentagonale, 502. — Teoria dei vulcani, 592. — Origine delle montagne, 598. — Teoria sul trasporto dei massi erratici, 613.
 Bellaggio, 534.
 Bellano, 527, 528, 533.
 Belemniti, 466.
 Belli: sulla teoria dei vulcani e sulla stabilità della crosta terrestre, 593.
 Besano, 551.
 Bianco di Spagna, 463.
 Biancone, 463, 470, 510, 512.
 Bibbia: sua concordanza colla geologia, 643, 734.
 Binger-Loch, 491.
 Böhmerwald (sistema), 494, 501.
 Bolca (monte), 455, 511.
 Brasiliano (sistema), 490.
 Brece ossifere, 442; — con ippuriti, 461.
 Brembana (Val), 515.

Brianza, 536.
 Brunner: sul dintorni del Lago di Lugano, 543.
 Buckland, 662.
 Buffon, 598, 636.
Bunter-sand-stein, 473.
 Bussola da geologo, 350.

C

Calabria: terremoti, 396.
 Calcarea di Purbeck, 458; — pisolitica, 458; — marnosa con catilli, 460; — psammitica 462; — rossa ammonitifera, 468, 470; — bigia silicifera, 470; — nera con selci, 470; — conchigliifera o conchigliare, 472; — orizzontale, 473; — magnesiana od alpina, 477; — carbonifera, 479; — salina, 568.
 Calce carbonata deposta dall'acqua, 382, 433.
 Calloviano (piano), 432, 465.
 Calore interno della terra, 338; — deduzioni teoriche, 589 e segg. 725.
 Camaldoli presso Napoli, 409.
 Cambrico (terreno), 482.
 Campi Flegrei presso Napoli, 409.
 Caranto, 383, 392.
 Carbon fossile: stratificazione ed origine, 353, 479, 686; — suol incendiati sotterranei, 422; — sue miniere, 709.
 Carbonifero (terreno e piano), 432, 478.
Cardium triquetrum, 518, 532.
 Carso d'Istria, 578.
 Carte geologiche: loro costruzione, 360.
 Catena metallifera di Toscana, 569, 693.
 Catene di montagne: loro struttura e parti, 345.
 Catilli, 460.
 Cave, 701.
 Caverne, 360; — ossifere, 442.
 Cenomaniano (piano), 432, 459.
 Cenno storico, 660.
 Centemero, 538.
 Ceppo rustico, mezzano e gentile, 439; — argentino, 539.

Cerizii, [450](#).
 Cetacei fossili, [446](#).
 Charpentier: ghiacciai e trasporto dei massi erratici, [376](#), [613](#).
 Chiavenna, [542](#).
 Chichitlano (sistema), [493](#).
 Cidariti, [508](#).
 Climi, [333](#); — all'epoca cambriana, [482](#); — nelle epoche geologiche, [484](#).
 Clismico (terreno), [433](#), [435](#).
 Codeno (monte), [360](#), [528](#).
 Collegno: sul trasporto dei massi erratici, [614](#).
 Colli e colline, [346](#).
 Colline, [342](#).
 Colombiano (sistema), [495](#), [501](#).
 Combustibili fossili: loro giacitura e ricerca, [684](#).
 Como, vedi Lago e Conglomerato.
 Conchigliare (piano e calcare), [432](#), [474](#).
 Concordanza degli strati, [354](#).
 Condriti, [453](#).
 Conglomerato di frizione, [478](#); — comense, [544](#).
 Contemporaneo (terreno e piano), [432](#), [435](#).
 Continenti, [341](#).
 Contrafforti, [345](#).
 Coralliano (piano), [432](#), [465](#).
 Coral-rag, [605](#).
 Cordier: teoria dei vulcani, [592](#).
 Cordonate, [345](#).
 Cordoni litorali, [320](#).
 Cornalia: studii sulle caverne lombarde, [442](#); — sui rettili triasici di Besano, [551](#).
 Corn-brash, [465](#).
 Cornettone, [539](#).
 Correnti di lava, [415](#).
 Corrosioni fatte dall'acqua, [377](#).
 Corsica e Sardegna (sistema), [496](#), [501](#), [584](#); — stato geologico, [576](#).
 Cosmogonia di Dalmas, [633](#).
 Costa d'oro (sistema), [495](#), [501](#).
 Costiere, [346](#).
 Couches, (suoli), [348](#).
 Couffées, [686](#).
 Crag rosso e corallino, [448](#).
 Crains, [686](#).
 Crateri e varie loro specie, [404](#), [411](#).

Creazioni successive (teoria delle), [729](#).
 Creta (argilla), [438](#); — (carbonato di calce), [457](#).
 Creta bianca, [432](#), [458](#); — cloritica, [459](#).
 Cretacei (terreni), [432](#), [457](#).
 Crespone del Bergamasco, [516](#).
 Cresta, [345](#).
 Crinoidi, [469](#).
 Cristallini (terreni), [488](#).
 Cupole, [343](#); — loro origine, [604](#).
 Curioni: sulla geologia delle valli lombarde, [513](#) e segg. — Teoria sul trasporto dei massi erratici, [613](#).
 Cuvier, [659](#).

D

Dach, [477](#).
 Dalmas: Cosmogonia e Geogenia, [633](#).
 Dalmazia (stato geologico), [577](#).
 Daniano (piano), [432](#), [458](#).
 Davy: sua teoria dei vulcani, [591](#).
 De Buch: teoria sul trasporto dei massi erratici, [612](#).
 Delftes (goie), [346](#).
 Delta dei fiumi, [389](#).
 Deluc, [612](#), [659](#).
 Densità della terra, [332](#).
 Denudazione degli strati, [355](#).
 Depositi metalliferi: loro relazioni colle rocce ignee e loro continenti, [697](#).
 Deserti, [345](#).
 Devoniano (terreno e piano), [432](#), [481](#).
 Dicchi, [416](#).
 Diluviale (terreno), [432](#), [433](#), [435](#).
 Dimensioni della terra, [331](#).
 Dinosauri, [467](#).
 Dinoterio, [449](#).
 Diurite, [556](#).
 Direzione d'uno strato, [350](#).
 Discordanza degli strati, [354](#).
 Distretti metalliferi, [613](#).
 Distribuzione dei fossili nei terreni, [484](#), [606](#), [726](#).
 Dodo o dronte, [434](#).
 Dollne o dollazzi d'Istria, [578](#).
 Dolomia inferiore o permiana di Lombardia, [478](#), [517](#) e segg.

Dolomia superiore o giurese di Lombardia, [470](#), [516](#) e segg.

Dolomieu: teoria sul trasporto dei massi erratici, [614](#).

Dômes (cupole), [343](#), [604](#).

D'Orbigny: sui sedimenti, [381](#) e segg.; — sui piani geologici, [432](#) e segg.; — sulla successione degli animali nelle epoche geologiche, [485](#).

Dossena, [521](#).

Dune, [365](#).

E

Elba, vedi Isola.

Elefanti fossili, [440](#).

Emendamenti dei terreni, [668](#).

Emo (sistema), [497](#), [501](#).

Enaliosauri, [467](#).

Endogene (rocce), [426](#).

Eocenico (terreno), [432](#), [449](#).

Epoche geologiche, [432](#).

Erba, [536](#).

Erimanto (sistema), [497](#), [501](#).

Erratici (massi), [435](#).

Erratico (terreno), [425](#).

Eruzioni vulcaniche, [412](#).

Erzgebirge (sistema), [495](#), [501](#).

Escher de la Linth: sua memoria sul Vorarlberg e la Lombardia, [552](#). — Teoria sul trasporto dei massi erratici, [612](#).

Esino, [527](#), [551](#).

Esogene (rocce), [425](#).

Estrazione dei minerali utili, [701](#).

Età relativa dei terreni, [428](#).

Etna, [378](#), [405](#); — (sistema montuoso), [499](#), [501](#).

Etrurio (terreno), [449](#).

Europa: stato geologico generale, [585](#).

F

Failles (salti), [355](#).

Falaises (costiere), [316](#).

Falde delle montagne, [312](#).

Faluniano (piano), [432](#), [447](#).

Faluns, [448](#).

Faune (estinzione delle), [607](#), [726](#); — trasformazione loro, [730](#).

Fenomeni attuali, [363](#); — vulcanici, [401](#). — Teoria di questi ultimi, [591](#).

Ferretto, [382](#), [439](#), [539](#).

Ferro idrato o limoso deposto dalle acque, [382](#).

Fianchi delle montagne, [312](#).

Figura e dimensioni della terra, [331](#).

Filoni, [357](#); — di lava nei vulcani, [416](#); — loro parti e disposizione, [689](#); — filoni di contatto, [693](#).

Filoni-strati, [358](#).

Finisterre (sistema), [490](#), [501](#).

Firn (campo di neve), [368](#).

Flegrei (Campi) presso Napoli, [409](#).

Flysch, [552](#).

Folgoriti, [365](#).

Fontane ardenti, [422](#).

Forest-marble, [465](#).

Forez (sistema), [493](#), [501](#).

Formazione, [318](#).

Forza vulcanica, [417](#).

Frane di rocce, [366](#).

Fucoidi, [453](#).

Fuochi naturali, [422](#).

Fusione primitiva del globo, [582](#), [725](#).

G

Gabbro rosso, [696](#).

Gaillonelle nel ferro idrato deposto dalle acque, [382](#).

Galestri del napoletano, [575](#).

Galestri (schisti) di Toscana, [567](#).

Gandcke (morene), [374](#).

Gandino in Val Seriana, [416](#), [516](#).

Ganga, [889](#).

Gas emessi dai vulcani, [420](#).

Gault, [432](#), [458](#).

Gay-Lussac: sua teoria dei vulcani, [592](#).

Gelo e disgelo: sua azione distruttiva, [366](#).

Geogenia di Dalmas, [633](#); — della Bibbia, [643](#), [734](#).

Geologia, Geognosia, Geogenia: definizione di queste tre parole, [321](#).

Genovesato, [562](#).

Gesso, [514](#), [531](#), [532](#), [535](#).

Geyser, [423](#).

Ghiacciai: loro struttura, parti, movimenti e teorie, [367](#).

Ghiacciai polari, [376](#).
 Ghiacciaie naturali, [360](#).
 Glogio, [343](#).
 Giurassico o giurese (terreno), [363](#), [442](#).
 Glauconia cretacea, [459](#).
Gletscherboden (fondo del ghiacciaio), [372](#).
Gletschergande (morene), [371](#).
 Globo terracqueo, vedi Terra.
 Gneiss e micascisti, [483](#); — di varie epoche del Piemonte, [557](#).
 Gole, [346](#).
 Golfo della Spezia, [565](#).
 Gomfolite terziaria, [444](#).
 Gorini: obiezione alle comuni teorie geologiche dei vulcani, [594](#). — Sua teoria plutonica, [616](#).
 Gorno, [517](#).
 Gouilles, [371](#).
 Grande oolite, [465](#).
 Graniti, [507](#), [544](#), [529](#), [543](#), [549](#), [550](#), [554](#), [556](#), [561](#), [574](#) e segg.
Grawacke, [484](#).
 Grès verde superiore ed inferiore, [458](#), [459](#). — *Grès bigarré*, [473](#). — Grès dei Vosgi o dei monti vogesi, arenaria che sta fra il terreno triassico e il permiano ed è da alcuni autori unito al primo terreno, da altri al secondo, e da altri ancora considerato come un terreno a parte, ma di pochissima estensione e potenza. — Grès rosso, vedi Arenaria. — Grès del carbon fossibile o *Grès houiller*, [479](#).
 Gronde, [345](#).
 Grovacche siluriche, [481](#).
 Gruppo di San Cassiano, di Escher de la Linth, [552](#).

H

Haidinger, [522](#).
Halobia Lomellii, [530](#), [552](#) e segg.
 Hasting (sabbie di), [458](#).
Humus, [668](#).
 Hundsrück (sistema), [491](#), [501](#).

I

Idriche (rocce), [425](#).
 Ignanodonti, [466](#).

Ignee (rocce), [425](#).
 Ileosauri, [466](#).
 Incandescenza primitiva del globo, [589](#), [725](#).
 Incendii di carboni fossili, [422](#).
 Inclinazione d'uno strato, [351](#).
 Ineguaglianze terrestri, [341](#).
 Inocerami, [460](#).
 Ippuriti, [461](#).
 Islanda, [424](#).
 Isola Ferdinanda, [403](#); — d'Elba, [570](#).
 Isole vulcaniche, [440](#).
 Istria: stato geologico, [577](#).
 Itacolumiano (sistema), [492](#).
 Italia: lente variazioni di livello, [400](#). — Sua struttura geologica, [506](#). — Riepilogo del suo stato geologico, [581](#). — Ricchezza in metalli, [695](#).
 Ittioliti, [511](#).
 Ittiosauri, [467](#).

J

Jorullo, vulcano d'origine recente, [403](#).
 Jurassico (terreno), vedi Giurese.

K

Keuper, [472](#).
 Kimmeridge (argille di), [465](#).
 Kimmeridgiano (piano), [432](#), [465](#).
Kohlensandstein, [479](#).
Kupferschiefer, [477](#).

L

Laghi stabili ed avventizii, loro riempimenti e rotture, [380](#).
 Lago di Como, [526](#), [542](#); — di Lugano, [553](#); — Maggiore, [554](#), [553](#).
 Lagoni, [422](#).
 Lagune: loro formazione, [390](#).
 Lampada di sicurezza, [714](#).
 Lande, [345](#).
 Lavagne, [463](#).
 Lave nelle eruzioni vulcaniche, [414](#).
 Lariosauro, [467](#).
 Lavezzari: notizie sul dintorni del lago di Lugano e di Mendrisio, [513](#).

Lavezzi, [543](#).
 Leerzollte, [511](#), [512](#).
 Lecco, [532](#).
 Lefte in Val Seriana, [446](#), [516](#).
 Lemery: suoi vulcani artefatti, [391](#).
 Leptinite, [539](#).
 Letten, [477](#).
 Lettenkohle, [472](#).
 Letti, [348](#).
 Letto d'un filone, [690](#).
 Lias e terreno liassico, [432](#), [463](#), [466](#).
 Liasiano (piano), [432](#), [466](#).
 Lignitifero (terreno), [448](#).
 Liguria, [562](#).
 Limite delle nevi perpetue, [333](#).
 Limonta, [366](#), [534](#).
 Linee isoterme, isotere, isochime-
 re, [334](#).
 Livello del suolo, sue lente varia-
 zioni, [399](#).
 Llanos, [345](#).
 Lombardia: stato termometrico, [337](#).
 — Altimetria, [343](#). — Stato geolo-
 gico, [435](#) e segg. — e più special-
 mente [513](#) e segg. — Stato idro-
 grafico sotterraneo, [672](#). — Cave
 e miniere, [723](#). — Suo vario stato
 nelle epoche geologiche, [731](#).
 Longmynd (sistema), [491](#), [501](#).
 Lugano, vedi Lago.

M

Macalube in Sicilia, [421](#).
 Macigno, [454](#), [562](#), [567](#).
 Macromirosauro, [467](#).
 Majolica, [468](#), [470](#), [512](#), [518](#), [536](#),
[539](#), [541](#), [545](#), [546](#).
 Mar Caspio, [344](#), [602](#). — Mar Morto,
[344](#), [586](#).
 Mare: sua profondità, [342](#). — Cor-
 rosioni e trasporti di materiali,
[381](#).
 Marna azzurrognola subappennina,
[444](#).
 Marne iridate, [472](#).
 Massi erratici, [435](#): teorie sul loro
 trasporto, [611](#).
 Massifs (rialzi), [346](#).
 Mastodonti, [440](#).
 Matrice, [682](#).
 Mattaione, [444](#).

Megalosauri, [466](#).
 Megateril, [450](#), [446](#).
 Melafiro, [507](#), [544](#), [549](#), [550](#).
 Meneghini e Savi: sul Golfo della
 Spezia e sulla Toscana, [566](#).
 Metalli: loro distribuzione geografica,
[693](#); — geologica, [697](#). — Estraz-
 zione dei loro minerali, [705](#).
 Metamorfiche (rocce), [426](#). — Ter-
 reni metamorfici, [483](#); — loro ori-
 gine, [608](#).
 Metamorfismo delle rocce, [608](#).
 Micascisti e gneiss, [483](#).
 Minerali: loro glaciatura, [683](#); — di
 ferro, [688](#).
 Miniere, [682](#).
 Miocenico (terreno), [432](#), [447](#).
 Mofete vulcaniche, [449](#); — di To-
 scana, [571](#).
 Moja, [412](#).
 Molassa, [444](#), [447](#).
 Molera, [537](#), [543](#). — Vedi Ceppo,
 Arenaria e Terreni cretacei terziari.
 Mongibello, [406](#).
 Montagne: altezza loro relativamente
 al raggio terrestre, [332](#); — altezza
 sul livello del mare, [342](#); — loro
 parti, [342](#); — loro forme diverse,
[342](#). — Catene di montagne, vedi
 catene. — Sistemi di montagne,
[486](#), [490](#) (vedi Sistemi). — Loro
 origine, [598](#). — Cause delle loro
 varie forme, [604](#).
 Monte Nuovo, [401](#).
 Monte Pilato (sistema), [495](#), [501](#).
 Monte Somma al vesuvio, [408](#).
 Monte Viso (sistema), [495](#), [501](#), [583](#).
 Montecchio maggiore, [511](#).
 Montorfauo, [541](#).
 Morbihan (sistema), [491](#), [501](#).
 Morene dei ghiacciai, meglio more,
[371](#).
 Morvan (sistema), [494](#), [501](#).
 Murchison: sul Golfo della Spezia,
[566](#).
 Muro di un filone, [690](#).
 Muschelkalk, [472](#).
 Mylodon, [446](#).

N

Nagelfluë, [444](#).
 Napoletano: stato geologico, [574](#).

Nautili, 456.
 Neocomiano (terreno e piano), 432, 459.
 Nettuniche (rocce), 425.
 Nevaio, 368.
 Nebi perpetue: loro limite, 333; — formazione, 368.
 Niagara, 378.
 Nord d'Inghilterra (sistema), 493, 501.
 Nummuliti, 450.

O

Oceanica: stato geologico, 586.
 Oolite, 432, 465; — inferiore, 466.
 Orbigny, vedi D'Orbigny.
 Orbitoliti od orboliti, 451.
 Origine delle montagne, 598.
 Ortoceratiti, 457.
 Oxford-clay, vedi Argilla d'Oxford.
 Oxfordiano (piano), 432, 463.

P

Pachipleura, 551.
 Paesi Bassi (sistema), 493, 501.
 Paleozoica (epoca) e terreni paleozoici, 432, 476.
 Palte marce, 439.
 Pampas, 345.
 Panchina, 444, 447.
 Parigino (terreno e piano), 432, 449.
 Pendio delle montagne, 343.
 Peneano (terreno), 477, 432.
 Pentacrinit, 469.
 Permiano (terreno e piano), 432, 477.
 Pertugi, 346.
 Perturbazioni geologiche, 486.
 Petit-coeur, 557.
 Plani geologici, 432.
 Piano contemporaneo, 435; — subapennino, 444; — saluniano e ton-
 griano, 447; — parigino e suessoni-
 ano, 449; — daniano, senonia-
 no, turoniano, cenomaniano, al-
 biano, aptiano e neocomiano, 458;
 portlandiano, kimmerdglano, co-
 rallano, oxfordiano, calloviano,
 batoniano, balociano, toarciano,
 liasiano e sinemuriano, 465 e 466;
 — salifero e conchigliare, 474; —

permiano, carbonifero, devonico e
 silurico, 476.
 Pianure, 343.
 Picchi, 343.
 Piemonte: stato geologico, 552.
 Pietra forte, 567; — da fornì, 568.
 — — molare di Parigi, 448.
 — — ollare, 543.
 — — serena, 455.
 — — verde di Catullo, 512.
 Pilla: scoperta di vere fiamme nelle
 eruzioni vulcaniche, 413. — Ter-
 reno etrusco, 454. — Teoria sul
 trasporto dei massi erratici, 612.
 Pindo (sistema), 495, 501.
 Pirenei (sistema), 496, 501, 583.
 Piriche, piroidi (rocce), 425.
 Pisollitico (calcare), 458.
 Pitons (picchi), 343.
 Pizzi, 346.
 Plänerkalk, 460.
 Plateau (altipiano), 342, 344.
 Plesiosauri, 467.
 Pliocenico (terreno), 432, 444.
 Pliostocenico (terreno), 432, 435.
 Plutoniche (rocce), 423.
 Plutonismo di Gorini, 616.
 Porfido amfibolico, 516.
 — — nero o pirossenico, vedi Me-
 lafiro.
 — — quarzifero, 507, 549, 555.
 Portland (oolite di) e Portlandstone,
466.
 Portlandiano (piano), 432, 465.
 Portovenere, 566, 568.
 Posidonie, 508.
 Post-diluviale (terreno), 432.
 Potenza d'uno strato, d'un terre-
 no, ecc., 348, 690.
 Pozzi ordinari, 674; — artesiani, 673;
 — assorbenti, 678; — loro costru-
 zione, 679.
 Prévost: sue teorie, 660.
 Primari (terreni), 430, 476.
 Primitivi (terreni e rocce), 437, 483.
 Prodotti vulcanici, 419.
 Prosciugamento dei terreni, 669.
 Protogino, 528, 556.
 Protozoici (terreni), 476.
 Pterodattili, 467.
 Purbeck (calcare di), 458.
 Putzze, 571.
 Pys (picchi), 343.

Q

Quadersandstein, 469.
Quaternaria (epoca) e terreni quaternari, 432, 433.

R

Rapide, 347.
Rauchstein e *rauchwäke*, 477.
Recoaro, 509.
Reno (sistema), 494, 501.
 Rete pentagonale di Beaumont, 502.
Rettili fossili, 466, 531.
Rialzi, 346.
 Ricerca dei minerali utili, 682.
Rigetti, 355.
Rinoceronti fossili, 440.
Robiati, 526, 546, 531.
Roccamonfina, antico vulcano di Romagna, 410.
Rocce: loro struttura geologica, 347.
 — Rocce massicce e stratificate, 347. — Alterazione all'aria, 364.
 — Alterazioni prodotte dall'acqua, dal gelo e dal ghiaccio, 366. — Corrose e trasportate dalle acque correnti, 377. — Prodotte dalle acque, chimicamente, 382; — meccanicamente (sedimenti), 382. — Prodotte da corpi organizzati (banchi di polipai e torbiere), 392. — Loro classificazione geologica, 425.
 — Rocce idriche, acquee, sedimentarie, nettuniche, esogene, fossilifere, piriche, ignee, vulcaniche, piroidi, plutoniche, endogene, metamorfiche, 425.
Romagna: stato geologico, 573.
Rombi che precedono i terremoti, 395.
Ronca, 511.
Rosberg, 366.
Rothe-todte-tiegende, 477.

S

Sabbie di Hastings, 458.
 — — terziarie, 444.
Sal gemma nelle salse, 421; — sua glacitura e ricerca, 688; — sue miniere, 709.

Salifero (terreno e piano), 432, 472.
Salse o *salmastriae*, 421.
Salt, 355.
San Cassiano, 508, 552.
San Pellegrino, 520.
Sancerrois (sistema), 497, 501.
Sardegna: stato geologico, 576.
Saussure: teoria sul trasporto dei massi erratici, 612.
Savi e *Meneghini*: sul golfo della Spezia e sulla Toscana, 566.
Savoja: stato geologico, 556.
Scafti, 457.
Scaglia, 462, 510, 513.
Schisti cupriferi permiani, 477; — marno-carboniosi giuresi di Lombardia, 470, 519; — galestrini di Toscana, 567; — varicolori di Toscana, 598.
Sclarre, 416.
Scoscendimenti, 366.
Scosse dei terremoti, 395.
Secondaria (epoca) e terreni secondari, 430, 456.
Sedimentarie (rocce), 425.
Sedimenti: loro formazione e varie specie, 383, 606.
Senoniano (piano), 432, 458.
Seriana (Val), 515.
Serie dei terreni, 430, 432.
Serizzo ghiandone, 543.
Serpentini, 514, 518, 523, 542, 556, 560, 562.
Sicilia, vedi *Etna*. — *Salse*, 421. — Stato geologico, 571.
Siente, 529, 556.
Silice deposta dalle acque, 382.
Siluriano (terreno e piano), 432, 481.
Simosauri, 467, 531.
Sincronismo delle formazioni, 660.
Sinemuriano (piano), 432, 466.
Sismonda: stato geologico del Piemonte, 552.
Sistemi di montagne: loro determinazione, 486. — Loro serie e direzioni rispettive, 498. — *Vandea*, *Brasiliano* e *Finisterre*, 490. — *Longmynd*, *Morbihan*, *Wetsmoreland* e *Hunds-rück*, 491. — *Itacolumiano* e *Monti Vogesi*, 492. — *Forez*, nord d'*Inghilterra*, *Chichitano* e *Paesi Bassi*, 493. — *Reno*, 494. — *Thüringerwald*, *Böhmerwald* e *Morvan*,

494. — Monte Pilato, Costa d'oro, Erzgebirge, Monte Viso, Pindo e Colombiano, 495. — Pirenei, Acheo, Corsica e Sardegna, 496. — Wight, Tatra ed Etna, Erimanto (argolico), Sancerrois, Vercors ed Alpi occidentali, 497. — Alpi principali od Asse vulcanico del Mediterraneo, 498. — Tenuaro, Etna e Vesuvio, 499. — Ande, 500. — Tavola generale dei sistemi di montagne, 501. — Relazione fra le loro direzioni, rete pentagonale di Beaumont, 502. — Sistemi di montagne d'Italia, 583. — Deduzioni teoriche sull'origine delle montagne, 598.
 Soffioni, 430, 422, 571.
 Solfatare, 409, 448.
 Solfo: sua giacitura, 688.
 Somma (Monte) al Vesuvio, 408.
 Sopracretacei (terreni), 443.
 Spaccati naturali e artificiali, 349; loro costruzione, 362.
 Spazii planetarii: loro temperatura, 340.
 Spezia, vedi Golfo.
 Spostamenti, 353.
 Steppe, 345.
 Stinkstein, 477.
 Stockwerk, 358, 689.
 Storia del globo terrestre, 629.
 Stratificazioni o strati, 347 e segg.; — del carbon fossile, 686.
 Studer: sul trias di Lombardia, 521, 522.
 Subapennino (terreno o piano), 432, 444.
 Successione degli animali nelle epoche geologiche, 484, 608.
 Snessoniano (piano), 432, 449.
 Suoli, 348.
 Svezia: lenti movimenti del suolo, 399.

T
 Tassello d'Istria, 578.
 Tatra (sistema), 497, 501.
 Teleosauri, 466.
 Tenaro (sistema), 492, 501, 584.
 Terebratulæ, 469.
 Terra vegetale, 433.

Terremoti, 394. — Collegamento coi vulcani, 401. — Teoria, 594.
 Terreni ardenti, 422.
 Terreni: loro età, 428; — primarii, secondarii, terziarii, primitivi, di transizione, alluviali, 430, 456, 476; — ammonici, 456; — azoici, metamorfici, primitivi, cristallini, 483.
 Terreno: significato di questo vocabolo, 348.
 Terreno contemporaneo, attuale, alluvionale moderno, clismico, diluviale moderno, post-diluviale, quaternario, 433; — di trasporto, diluviale, alluvionale antico, erratico, pliocenico, 435; — terziario superiore, subapennino, pliocenico, 444; — terziario medio, miocenico, della molassa, 447; — terziario inferiore, eocenico, parigino, eturrio, cretaceo superiore, 449; — cretaceo, 457; — giurese o liassico, 463; — triassico o salifero, 472; — permiano o peneano, 477; — carbonifero, 478; — devoniano e siluriano, 481; — cambriico, 482; — Infraliassico ed antracitico del Piemonte, 558; — coltivabile e sua origine, 667.
 Terriccio, 668.
 Terziaria (epoca) e terreni terziarii, 431, 432, 443.
 Tetto d'un filone, 690.
 Thalweg, 347.
 Thüringenwald (sistema), 494, 501.
 Tirol meridionale: stato geologico, 507.
 Toarciano (piano), 432, 466.
 Tomboli, 363.
 Tongriano (piano), 448.
 Torbiere: loro formazione, 392; — di Lombardia, 433.
 Toscana: calore sotterraneo a Monte Masi, 338. — Terremoti, 397. — Lagoni e soffioni, 422. — Stato geologico, 567.
 Transizione (terreni di), 431, 476.
 Trasporto (terreno di), 432, 435. — Teorie sul trasporto dei massi erratici, 611.
 Trias o terreno triassico, 432, 472; — in Italia, 509 e segg.

Trilobiti, [481](#).
 Trivella, [680](#).
 Trovanti, [435](#). — Teorie sul loro trasporto, [611](#).
 Tufi attuali, [433](#).
 Turoniano (piano), [432](#), [439](#).
 Turrilliti, [457](#).

V

Valle del Bove all'Etna, [359](#), [407](#).
 Valli, [345](#), [346](#). — Varia loro origine, [358](#).
 Valli bresciane, [513](#), [555](#); — Brembana e Seriana, [515](#), [555](#); — Sassina, [526](#), [553](#); — Assina, [536](#); — della Cosia, [541](#); — Tellina, [542](#); — Gana, [543](#).
 Vandea (sistema), [490](#), [501](#).
 Varenna, [533](#).
 Varese, [445](#), [550](#).
 Variazioni lente di livello del suolo di Svezia, Italia, ecc., [399](#).
 Veneto: stato geologico, [509](#).
 Vento: sue azioni, [365](#).
 Venturi: teoria sui massi erratici, [611](#).
 Vercors (sistema), [497](#), [501](#).
 Verrucano, [552](#), [564](#) e segg.
 Versanti, [345](#).

Vesuvio, [402](#), [408](#), [412](#). — Sistema montuoso, [499](#), [501](#).
 Villa: sulla Brianza, [521](#), [532](#), [536](#).
 Viso (sistema del monte), [495](#), [501](#), [583](#).
 Vogesi (sistema dei monti), [492](#), [501](#).
 Volpinite, [514](#).
 Vorarlberg, [552](#).
 Vulcani: formazioni in epoche storiche, loro fenomeni, parti, prodotti, numero, distribuzioni, ecc., [401](#) e segg. — Loro teoria, [591](#).
 Vulcani di fango, [421](#).
 Vulcaniche (rocce), [425](#).

W

Weald (argilla di), [458](#).
 Weissliogenden, [477](#).
 Wellenkalk, [473](#).
 Werner e suoi seguaci, [591](#), [627](#).
 Westmoreland (sistema), [491](#), [501](#).
 Wight (sistema), [497](#), [501](#).

Z

Zechstein, [477](#), [509](#).



SPIEGAZIONE DELLE TAVOLE

TAVOLA I. — *Schizzo d'una carta geologica dell'Italia.*

Questo schizzo, destinato a dare soltanto un'idea generale della distribuzione geografica dei terreni nel suolo italiano, è desunto con poche modificazioni dall'*Esquisse d'une carte géologique d'Italie* del Collegno (1844) e dal piccolo *Schizzo* che il professore Balsamo-Crivelli ha unito alla traduzione italiana della *Geologia* di Beudant, pubblicata in Milano dal dottor Vallardi nel 1847. In esso ho conservata una sola tinta per le rocce cretacee e nummulitiche; e per non produrre confusione non ho distinti che i depositi sedimentarii e le emersioni ignee di maggiore grandezza. Chi bramasse maggiori dettagli consulti la citata carta del Collegno e le carte speciali che furono posteriormente pubblicate dai vari geologi italiani e stranieri negli Atti dei congressi scientifici e negli Annali e Giornali delle diverse accademie scientifiche d'Italia e fuori.

TAVOLA II. — *Alcuni spaccati geologici delle Alpi e degli Apennini.*

Ho riuniti in una sola tavola alcuni degli spaccati più interessanti delle Alpi e degli Apennini per rendere più facile l'intelligenza della descrizione geologica dell'Italia data nel testo.

In generale devo far osservare che per racchiuderli tutti nelle stesse dimensioni ho dovuto abbandonare l'idea di fare degli

spaccati veramente *proporzionali*, senza però esagerar troppo le altezze e cader quindi nell'inconveniente degli *spaccati-caricature*.

I. Spaccato delle Alpi venete, dai Sette Comuni alla pianura sotto Bassano, secondo Murchison (*Memoria sulla struttura geologica delle Alpi, degli Apennini e dei Carpazii*, tradotta dal prof. Savi e Meneghini; Firenze 1851).

a. Calcarea compatta biancastra (*biancone*), neocomiana, che si appoggia sulle rocce giuresi (o), ed è ricoperta dalla *scaglia*, cioè da una serie di rocce calcaree bianche, rosse, ecc. (b, c, d) cretacee.

e, f, g. Rocce nummulitiche, eoceniche.

h. Rocce sabbiose, argillose, ecc., forse mioceniche.

i. Rocce detritiche e conglomerati di ciottoli, dell'epoca pliocenica.

II, III, IV, V. Quattro spaccati delle valli Seriana e Brembana, dietro le osservazioni fatte nelle gite col prof. Balsamo-Crivelli. In questi e negli altri spaccati delle Alpi lombarde i numeri e i colori hanno lo stesso significato che nella carta geologica della tavola III.

VI. Spaccato della Brianza orientale e della Val-Sàssina, passando per Introbio.

VII. Spaccato della Brianza occidentale, dei monti intorno ad Ésino, e della Val-Sàssina presso Taceno.

Questi due spaccati sono costrutti, per le parti che riguardano la Brianza, su quelli dei fratelli Villa (*Memoria geologica sulla Brianza*; Milano 1844), con qualche modificazione; e per le parti che riguardano la Val-Sàssina e la Val d'Esino, sulle notizie fornite da Curioni e sulle mie osservazioni (*).

VIII. Spaccato da Montorfano al Pizzo di Torno, dietro le osservazioni fatte col prof. Balsamo-Crivelli.

IX. I monti della sponda occidentale del Lago di Como fra la Madonna del Soccorso e Rezzonico, dietro una figura di La-Bèche (*Coupes et vues pour servir à l'explication des phénomènes géologiques*) e le mie osservazioni, che concordano colle indicazioni di Escher de la Linth (vedi il testo a pag. 555 e la nota a pag. 551).

(*) Nello spaccato VII si comprende come gli schisti marno-carboniosi giuresi possano vedersi nella Val Neria senza che perciò sia necessario credere triasiche o permiane le rocce calcaree e dolomiche di Mandello vedasi la nota sulla Memoria di Escher de la Linth, a pag. 551).

X. Spaccato della Vallassina sino alla punta di Bellaggio, secondo le mie osservazioni, per dimostrare come io credo disposti gli schisti marno-carboniosi della Valle di Guggiate rispettivamente alle dolomie del monte San Primo, al gesso di Limonta ed alla dolomia inferiore o permiana. Questo spaccato differisce affatto da quello del La Bèche nell'opera succitata.

XI e XII. Spaccati dei monti da Mendrisio a Lugano e da Varese a Ponte Tresa per la Val Gana, toliti, con qualche modificazione, dalla memoria di Brunner (*Aperçu géologique des environs du lac de Lugano*) (*).

(*) Dopo finita la stampa di tutto il volume ebbi occasione (nell'agosto 1854) di visitare ancora una volta i dintorni di Induno, e di verificare in parte, ed in parte correggere quello che ho detto su di essi nel testo a pag. 550. Ecco alcuni dettagli su ciò che si può osservare in una breve gita in quei luoghi, dettagli che esporrò un po' estesamente per meglio guidare coloro che col mio libro alla mano vorranno recarsi a studiarvi la successione dei terreni sedimentarli.

Da Varese discendendo alla Folla, presso l'Olon, si può osservare il terreno alluvionale o di trasporto: alla Folla trovasi la cava d'argilla azzurrognola, con fossili pliocenici, in strati potenti, quasi orizzontali, cioè pochissimo inclinati verso la pianura, che serve a far tegole e mattoni (pag. 445 e 550), e di là la strada conduce per diritto ad Induno. Prima d'arrivare al bivio dove una strada conduce a Gana, l'altra ad Induno ed Arcisate, si vede sul fianco del monte, a poca altezza, un tratto nudo e rosso, ed è quello uno dei luoghi più interessanti a visitarsi dal geologo.

Seguendo per pochi passi la strada a sinistra, che conduce in Val Gana, ed entrando subito in una stradicciuola che ascende verso il monte, si trova qualche emergenza di strati calcarei cinerei, e si giunge ad un gruppo di case detto la Motta.

Là giunti, volgendo a sinistra e prendendo tosto la stradicciuola che, piegando ad arco, ascende ancora verso il monte, si trovano emergere gli strati eocenici, vale a dire le marne e calcaree ricche di belle fucoidi (pag. 452). Siccome questi strati s'inclinano fortemente verso la pianura, è facile il pensare che si affonderanno sotterra sotto agli strati argillosi della Folla.

Se si progredisce per quella via, sempre in ascesa, si trova che, dopo una casa detta la Fontanella, sotto agli strati eocenici sporgono le marne rosse, cineree e bianche fra loro alternanti, che da sé sole rappresentano in quei luoghi il terreno cretaceo; e poco dopo il risvolto, per cui la strada piega a destra, costeggiando il monte, si giunge a quello spazio nudo e rosso che si era già veduto dal basso e dove si trova la calcarea rossa con ammoniti, belemniti, aptichi ed altri fossili indubbiamente giuresi, che si affonda sotto alle rocce cretacee, senza l'intermezzo del marmo

XIII. Spaccato delle Alpi fra la Momienna e Torino, secondo il cavalier Angelo Sismonda (*Classificazione dei terreni stratificati delle Alpi fra il Monte Bianco e la Contea di Nizza; Torino 1852*).

1. Terreno diluviale.
2. Calcare nummulitico (che in questo spaccato non si vede, e si trova in un altro, del colle di Tenda, ove forma la sommità delle Alpi marittime).
3. Calcare giurese superiore.
4. Rocce detritiche metamorfosate, quarzite, puddinga, gneiss talcoso (del piano oxfordiano).
5. Calcare liassico superiore.
6. Schisti argillosi e calcare schistoso metamorfosati, del terreno antracitoso inferiore (*lias alpino inferiore*).
7. Schisti talcosi, steaschisto porfiroide e gneiss talcoso metamorfici (*lias alpino inferiore?*).
8. Gneiss e granito.
9. Serpentina.

majolica, mentre questa roccia si trova nei monti al nord di Varese e più a levante verso Arcisate. Di là salendo ancora lungo la via descritta s'incontrano i calcari cenerognoli giuresi, che sporgono di sotto dalla calcarea rossa ammonitifera, e di cui si trovano tracce anche più in basso presso le case di Induno.

Poco più avanti dello spazio nudo si può salire per una valletta, seguendo il sentiero che conduce alla cava Medici, sempre camminando fra sporgenze di calcaree cenerognole, ora quasi saccaroidi, ora oolitiche, con selci, ecc., ma che sempre si presentano come costituenti un unico insieme, il terreno giurese. La cava Medici, colle sue calcaree e dolomie, fornisce il materiale ad una fornace che si trova scendendo per una stradicciuola che conduce verso Frascarolo e passa vicino al famoso masso erratico di melafiro (pag. 436). Un altro masso analogo si vede presso la strada maestra che dal bivio citato in principio conduce a Frascarolo.

Partendo dalla fontana di Frascarolo verso la Val Gana si percorre un lungo giro della strada maestra intorno ad un promontorio tutto composto di calcaree ora compatte ed a straterelli inclinati e contorti, ora dolomitiche e senza tracce di stratificazione, finché si giunge, dopo una lunga discesa, al punto dove la strada ridiventa rettilinea, discendendo verso la valle. Poco prima di quel punto si vedono delle arenarie, dapprima bianco-cineree e con straterelli a ciottolotti quarzosi lattei, poi grigie e con granì ocracei, poi rossigne, ed alla fine verdicce e molto friabili dove sono da molto tempo esposte all'aria: è quest'arenaria verdiccia che alla pag. 551 era stata paragonata all'arenaria rossa con cemento spesso steatitico della Val Brembana, e ritenuta, insieme a qualche straterello calcareo a lei

In questo spaccato ho conservata anche la emersione serpentinoso presso Pianezza, che secondo Gastadi non esiste; giacchè, secondo questi, la serpentina che vi sporge dal suolo non è altro che un enorme masso staccato dai monti li vicini.

XIV. Questo spaccato, dal Po e da Gassino sino a Chieri, disegnato da Murchison (Memoria citata), dimostra come le rocce nummulitiche di Gassino (*g*) trovansi sottoposte alle più recenti, le quali poi sono: un conglomerato (*h*), alcune marne, sabbie e calcaree marnose con fossili miocenici (*i*), una serie di arenarie calcaree impure e schisti argillosi finalmente laminosi, con fossili miocenici e pliocenici (*f*); e finalmente alcune rocce veramente mioceniche (*k*), che sono ricoperte, presso Chieri, da sabbie gialle (*l*), ricchissime di fossili pliocenici.

XV. Relazioni fra i terreni cretacei e terziarii nel littorale fra la Mortola ed Albenga (Paretó, *Cenni geologici sulla Liguria marittima*; Genova 1846).

a. Calcareo giallo.

b. Creta.

collegato, come rappresentante del terreno permiano, mentre è assai probabilmente triasica, come le altre arenarie li vicine, che tutte somigliano a quelle esistenti nelle altre valli lombarde.

Al principio del lungo tronco rettilineo della strada le pareti del monte si trovano formate d'una roccia difficile a determinarsi pei suoi caratteri dubbii. Alcuni la prendono per porfido rosso quarzifero, ed altri la considerano come un'arenaria rossa permiana alterata dal contatto della roccia, che avendo ora l'aspetto del porfido quarzifero ed ora quello del granito rosso forma la base dei monti da quel luogo sino a Gana. Io sono di quest'ultima opinione, ed ammetto quindi l'esistenza d'un arenaria rossa permiana alterata dal contatto del porfido quarzifero: è per questo motivo che nella carta geologica ho conservata l'indicazione dell'arenaria rossa (23) in questa località e vi ho aggiunta quella dell'arenaria triasica (21).

Discendendo nella valle e ritornando per essa a Varese, si trova per poco la base dei monti verso ponente formata di porfido quarzifero o granito rosso; poi la valle va restringendosi e si vede formata dal fendersi delle rocce calcaree e dolomiche giuresi, si percorre un bel tratto di vallo assai pittoresco, ed incontrando qua e là sporgenze di calcaree cineree giuresi, si giunge a Bregazzana, Sant'Ambrogio e finalmente a Varese.

Presso Induno non mi è stato possibile trovar tracce del marmo majolica, e perciò a pag. 470 l'ho detto mancante in quel luogo; ma l'ingegnere Robiati afferma avervelo trovato, ben caratterizzato e ricco di apatiti ben conservati, in uno scavo fuori dalla strada indicata in questa nota.

- c. Calcareea nummulitica.
- m. Macigno.
- f. Calcareea a fucoidi.
- t. Terreno terziario medio e superiore.
- i. Calcareea giurese.

XVI. Spaccato dei monti del golfo della Spezia, secondo Murchison (Mem. cit.).

- 1. Calcaree varie con selci.
- 2. Massa quarzoso-grigiastrea, forse metamorfica, amorfa e colore di serpentina. Quando il mare è basso si vede sorgere lì vicino un'emersione di porfido.
- 3. Calcaree oscure, nere, con vene bianche, coperte da schisti oscuri, poi da calcaree cavernose sino a Porto Telaro, ecc. Nel monte della Castellana sono in strati molto inclinati o verticali, come nell'isola Palmaria, e appartengono forse al terreno *giurese inferiore*.
- 4. Calcarei oscuri, rossi, ecc., con ammoniti ed altri fossili *giuresi*.

5. Calcarei colorati, bianchi, schistosi, ecc., fiancheggiati da un ammasso di strati di conglomerati sabbiosi e ciottolosi (6), sui quali sta il villaggio di Campiglia, e che formano la base della formazione del *macigno*.

Il Murchison ammette che gli strati dal Capo Corvo al Monte di Castellana siano in posizione giusta, soltanto un po' alterati e sconvolti, ma non rovesciati, e che invece nei monti di Campiglia sia avvenuto un rovesciamento in modo da rendere gli strati più antichi (4 e 5) superiori in apparenza ai più moderni (6). Tra il Monte di Castellana e gli strati (4) sarebbe, secondo lui, la frattura con salto che disgiunge i primi strati dagli altri.

XVII. Uno degli spaccati coi quali i professori Savi e Meneghini (*Considerazioni sulla geologia stratigrafica della Toscana*, in appendice alla Memoria succitata di Murchison) vogliono dimostrare la struttura dei monti del golfo della Spezia.

- d. Arenaria macigno.
- g. Schisti galestrini.
- n. Calcare rosso ammonitico.
- i. Schisti varicolori.
- h. Calcare neocomiano.

Secondo questi geologi le rocce del monte della Castellana non avrebbero l'età di cui le ritenne il Murchison, cioè sareb-

bero cretacee e non liasiche: l'irregolarità sarebbe dunque prodotta da una rottura degli strati per effetto d'una roccia emersoria (forse il seguito della serpentina che si vede fra la punta del Mesco e il paese di Cassana) che sollevò tutti gli strati, li ruppe e fece in modo che vennero fra loro a contatto le superficie inferiori del calcare ammonitico giurese (*n*) e degli schisti galestrini terziarii (*g*).

XVIII. Taglio trasversale dell'elissoide delle Alpi Apuane dal Mediterraneo alla valle del Torrente Lucido, affluente della Magra in Lunigiana, passando pel Carrarese (Savi e Meneghini, luogo citato).

d. Arenaria macigno	}	terreno eocenico.
f. Calcare nummulitico		
g. Schisti galestrini		
h. Calcare neocomiano	}	terreno cretaceo.
i. Schisti varicolori		
l. Calcare marnoso		
m. Calcare grigio chiaro con selci	}	terreno giurese.
n. Calcare rosso ammonitico		
o. Calcare salino		
q. Calcare grigio cupo		terreno triasico.
r. Rocce del Verrucano		terreno paleozoico.

XIX. Taglio longitudinale della elissoide del monte Pisano, dal fiume Serchio all'Arno, secondo Savi e Meneghini (luogo cit.).

Le lettere significano lo stesso che nel precedente.

XX. Spaccato degli Apennini fra Bolognà e Firenze (Murchison, Mem. cit.).

1. Conglomerati, sabbie, etc., dell'epoca *mioceneica*.
2. Sabbie gialle e conglomerati
3. Marna turchina } *terreno pliocenico*.
4. Arenaria macigno e calcare alberese, *eoceni*.

XXI. Spaccato degli Apennini da Arezzo a Fano, secondo Alessandro Spada (in nota alla citata Memoria di Savi e Meneghini).

- a. Terreno *pliocenico*.
- b. Schisti argillosi, sabbie e arenarie *mioceniche*.
- c. Macigno ed altre rocce *eoceniche*.

d. Calcareo bianca, compatta, *cretacea*, che si appoggia nel Monte del Furlo a rocce giuresi (*e*).

Questo spaccato dimostra la continua concordanza ed il passaggio insensibile di un terreno all'altro, dal subapennino al cretaceo e fors'anche al giurese, e sarebbe quindi una prova

contro l'osservazione di Murchison (che egli stesso d'altronde confessa aver fatta rapidamente) di una discordanza fra il terreno eocenico ed il miocenico presso Loiano, com'è rappresentata nello spaccato XX.

TAVOLA III. — *Carta geologica di alcune valli lombarde.*

Ho disegnata questa carta su quelle di De Buch, La Bèche e Brunner pei dintorni del Lago di Lugano, dei fratelli Villa per la Brianza, e di una, rimasta inedita, dell'ingegnere Robiati per la Val-Sàssina, valendomi delle Memorie di De Buch, La Bèche, Brunner, De Filippi, Collegno, Curioni, Balsamo, Villa, Cornalia, Lavezzari, ecc., e delle osservazioni fatte col prof. Balsamo nelle valli Brembana, Seriana e della Cosia, e riducendo tutti quei materiali in un solo tutto col mezzo delle indagini che ho fatte appositamente in Brianza, in Val-Sàssina, sul Lago di Como, nel Varesotto, in Val Ganà, ecc.

Per non introdurre un numero troppo grande di tinte, ho segnato collo stesso colore tutti i depositi pliocenici e miocenici, con un altro gli eocenici, con un terzo tutti i cretacci, con un quarto i giuresi, distinguendo con colori speciali il membro più antico del terreno giurese, che alcuno vuol considerare come un gruppo a parte, e tutti quelli dei terreni triasici e paleozoici, per far meglio vedere la loro distribuzione nei monti lombardi; e finalmente non ho distinti dai gneiss e micaschisti gli schisti neri delle valli Brembana e Seriana, forse dell'epoca carbonifera, perchè non ho ancora dettagli sufficienti per determinar bene i limiti settentrionali della zona da essi occupata.

Q05788563

